



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

CLAREAMIENTO DENTAL CON OZONO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON Y
SIN CALCIO SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA AL ESMALTE EN DIENTES
BOVINOS

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Grado académico de Doctor en Odontología

Autor

Bazán Ponce de León, Juan Enrique

Asesor

Mendoza Murillo, Paul Orestes

ORCID: 0000-0001-9026-9131

Jurado

Portal Bustamante, Neme

Munayco Magallanes, Américo Alejandro

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Lima - Perú

2025

CLAREAMIENTO DENTAL CON OZONO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON Y SIN CALCIO SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA AL ESMALTE EN DIENTES BOVINOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Alfonso X el Sabio Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	www.actaodontologica.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upsjb.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
8	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

CLAREAMIENTO DENTAL CON OZONO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON Y SIN
CALCIO SOBRE LA RESISTENCIA ADHESIVA AL ESMALTE EN DIENTES BOVINOS

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Grado académico de

Doctor en Odontología

Autor:

Bazán Ponce de León, Juan Enrique

Asesor:

Mendoza Murillo, Paul Orestes

ORCID: 0000-0001-9026-9131

Jurado

Portal Bustamante, Neme

Munayco Magallanes, Américo Alejandro

Alvitez Temoche, Daniel Augusto

Lima- Perú

2025

Dedicatoria

A mi hija Begonia y mi compañera de vida Anais por estar allí, motivando mis días, para ser cada vez mejor persona en esta vida terrenal...

Y en la vida eterna a los guías de mis pasos, mis padres, Juan y Doris, y antes que todo a nuestro Padre Celestial, por esta vida.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Descripción del problema	3
1.3	Formulación del problema	5
1.3.1	Problema General	5
1.3.2	Problemas Específicos	5
1.4	Antecedentes.....	6
1.5	Justificación de la investigación.....	12
1.6	Limitaciones de la investigación	14
1.7	Objetivos de la investigación	14
1.7.1	Objetivo General.....	14
1.7.2	Objetivos Específicos	14
1.8	Hipótesis	15
1.8.1	Hipótesis general.....	15
1.8.2	Hipótesis específica	15
II.	MARCO TEÓRICO	16
2.1	Marco conceptual.....	16
III.	METODO	47
3.1	Tipo de investigación	47

3.2	Población y muestra.....	47
3.3	Operacionalización de variables	48
3.4	Instrumento.....	48
3.5	Procedimientos	48
3.6	Análisis de datos	52
3.7	Consideraciones éticas.....	52
IV.	RESULTADOS.....	54
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
VI.	CONCLUSIONES.....	60
VII.	RECOMENDACIONES	61
VIII.	REFERENCIAS	62
IX.	ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la resistencia adhesiva del esmalte según agentes blanqueadores.....	33
Tabla 2. Comparación de la resistencia adhesiva según el tiempo para cada agente blanqueador.....	34
Tabla 3. Comparación de la resistencia adhesiva según agente blanqueador a través del tiempo.	35

RESUMEN

Objetivo: Evaluar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio **Método:** El estudio tiene un diseño experimental, prospectivo y longitudinal; para evaluar la resistencia adhesiva se utilizó una máquina digital de ensayo universal con un software digital a una velocidad de cruceta de 0.5 mm/min.; la muestra estuvo constituida por 25 dientes bovinos por cada grupo. **Resultados:** existe diferencias significativas en la resistencia adhesiva entre los grupos conformado por peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio, peróxido de hidrogeno al 35% con calcio y ozono. **Conclusiones:** El agente blanqueador influye en la resistencia adhesiva del esmalte.

Palabras clave: blanqueadores, ozono, peróxido de hidrógeno

ABSTRACT

Aim: To evaluate the differences in adhesive strength of enamel in bovine teeth subjected to dental bleaching with ozone, hydrogen peroxide with calcium, and hydrogen peroxide without calcium. **Method:** The study has an experimental, prospective, and longitudinal design. To assess adhesive strength, a digital universal testing machine with digital software was used at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The sample consisted of 25 bovine teeth in each group. **Results:** There are significant differences in adhesive strength among the groups consisting of 35% hydrogen peroxide without calcium, 35% hydrogen peroxide with calcium, and ozone. **Conclusions:** The bleaching agent influences the adhesive strength of the enamel.

Keywords: Bleaching Agents, ozone, Hydrogen Peroxide

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La búsqueda de obtener piezas dentales más blancas es una preocupación común entre muchos pacientes que visitan el consultorio dental. Esto se debe a que incluso un ligero cambio en el color de uno o varios dientes puede afectar negativamente las expectativas estéticas de los pacientes y su percepción de su propia apariencia dental (H.S. Santos et al., 2021).

La odontología ofrece diversas técnicas y tratamientos correctivos para abordar este problema. Estos incluyen restauraciones de resina, carillas dentales hechas de porcelana u otros materiales, y coronas de distintas técnicas. El blanqueamiento dental, también conocido como clareamiento dental, es un método cada vez más popular y una opción más conservadora y manejable para solucionar esta dificultad. Este procedimiento se realiza comúnmente mediante el uso de geles de peróxidos o gases de ozono (Vargas-Koudriavtsev et al., 2018).

Desde el descubrimiento del gas ozono, se ha utilizado en diferentes campos de la medicina, se utilizan métodos para detener el sangrado, promover la curación de heridas y lograr la desinfección. En el ámbito de la odontología, su uso es relativamente nuevo y se comenzó a emplear en procedimientos quirúrgicos, endodoncia, halitosis, enfermedad periodontal y alveolitis (Carrilho et al., 2002).

El modo de accionar de los geles para blanqueamiento convencionales, basados en peróxidos, se centra en la liberación de gran cantidad de oxígeno en la parte superficial del diente, eliminando las pigmentaciones externas de los dientes. Esto ocurre porque el oxígeno generado por los peróxidos actúa sobre las cadenas cerradas de los cromóforos,

convirtiéndolas en cadenas lineales que se vuelven cada vez más claras a medida que se saturan de oxígeno (Cessa, 2018).

Esto mejora la tonalidad de los dientes. Aunque se dispone de muy poca información sobre la eficacia del ozono como agente blanqueador, su uso es atractivo porque no produce sensibilidad dental, como ocurre con los peróxidos. El ozono, al ser un gas inestable que se disocia en oxígeno, no libera hidrógeno libre y previene la acidificación del esmalte dental, lo que elimina la posibilidad de sensibilidad dental. Por lo tanto, el ozono es una opción atractiva para pacientes con alta sensibilidad o bajo umbral de dolor (Cessa, 2018).

En contraste, investigaciones recientes indican que el uso del peróxido de hidrógeno va a liberar en gran medida iones H^+ que son los causantes de la sensibilidad dental, debido a la disminución del pH y la acidificación de los dientes (Moradas Estrada, 2017).

En consecuencia, los estudios realizados por Cooper en 1992, que han sido respaldados por la comunidad científica, muestran que la utilización de peróxido de carbamida tiene una gran ventaja sobre los blanqueadores basados únicamente en peróxido de hidrógeno. Esto se debe a que el peróxido de hidrógeno libera menos iones H^+ , lo que evita la disminución del pH (Lozada et al., 2000).

Una serie de investigaciones han identificado algunos problemas asociados con las técnicas de blanqueamiento dental que han arrojado resultados satisfactorios. Entre estos problemas se encuentran alteraciones en los tejidos blandos, cambios en la estructura dental, quemaduras, hipersensibilidad dental y una disminución considerable en los niveles de adherencia. Después del tratamiento de blanqueamiento dental, ya sea con geles de peróxido o gases como el ozono, la presencia de oxígeno en las estructuras dentales dificulta la adhesión dental (Magne, 2005).

Esto puede deberse a que la capa inhibidora de oxígeno superficial de las restauraciones dentales impide que los sistemas adhesivos resinosos actúen correctamente. Pascal Magne ha demostrado que es necesario esperar tres semanas después del blanqueamiento dental con gel antes de colocar una restauración adhesiva en un diente (Magne, 2005).

El ensayo de microtensión permite medir la fuerza de adhesión en áreas pequeñas de 0.5 a 1 mm², lo que proporciona una evaluación precisa de la resistencia de la unión entre la estructura dental y el material utilizado. Este ensayo solo detecta fallas adhesivas y se considera un análisis realista de la adhesión. Los dientes de bovino son similares a los dientes humanos tanto a nivel macroscópico como microscópico, lo que los convierte en un sustrato adecuado para llevar a cabo investigaciones debido a su fácil acceso (van der Vyver et al., 1997).

Por ello el objetivo de este estudio es evaluar los efectos de un clareamiento dental con ozono y peróxido de hidrógeno con y sin calcio sobre la resistencia adhesiva al esmalte en dientes bovinos.

1.2 Descripción del problema

El aclaramiento dental es un tratamiento cosmético empleado para iluminar el tono de los dientes y realzar la estética de la sonrisa. Este funciona mediante la aplicación de un agente blanqueador en los dientes que funciona sobre las manchas y pigmentos superficiales del diente, eliminándolos y aclarando el tono de los dientes. Este tipo de tratamiento suele durar aproximadamente una hora y puede proporcionar resultados inmediatos (Camargo et al., 2021).

Es importante tener en cuenta que el blanqueamiento dental no es adecuado para todas las personas y puede no ser efectivo para ciertas manchas y tipos de decoloración dental,

por lo tanto, se determinar si el blanqueamiento dental es adecuado para algún caso en específico (Acuña Navarro et al., 2015).

Los agentes clareadores dentales más utilizados son el peróxido de hidrógeno y el peróxido de carbamida. Ambos son productos químicos que actúan como agentes oxidantes, lo que significa que reaccionan con las manchas y pigmentos de la superficie dental y los eliminan, aclarando el tono de los dientes (Berga Caballero et al., 2006).

El peróxido de hidrógeno es el agente blanqueador de mayor utilización por los dentistas. Se aplica de manera directa en los dientes mediante un gel o líquido y se activa con una luz especial para acelerar el proceso de blanqueamiento. El peróxido de hidrógeno tiene una mayor potencia que el peróxido de carbamida y puede proporcionar resultados inmediatos (Cessa, 2018).

El problema de adhesión después de un blanqueamiento dental se refiere a la dificultad que puede tener el dentista para hacer que los materiales dentales, como las resinas compuestas, se adhieran adecuadamente a los dientes que han sido blanqueados. Después de un blanqueamiento dental, los dientes pueden presentar una superficie más lisa y porosa debido a la eliminación de manchas y pigmentos (Reichl, 2012).

Esta superficie lisa y porosa puede dificultar la adhesión de los materiales dentales, lo que puede resultar en un mayor riesgo de fallas en la restauración dental, como la fractura o desprendimiento de las restauraciones (Reichl, 2012).

Para acrecentar la adhesión después de un clareamiento con gel se sugiere al odontólogo postergar el tratamiento restaurador de 2 a 4 semanas, lo cual esta situación hace que muchos pacientes se incomoden con esta decisión. Dada la falta de opciones alternativas que presenten estos efectos, se propone el empleo de ozono como un agente clareador, aprovechando sus cualidades hiperoxidantes. (Baldión Elorza, 2013).

El ozono ha sido propuesto como una alternativa al peróxido de hidrógeno, ya que no libera hidrógeno libre y, por lo tanto, no acidifica el esmalte dental. Sin embargo, hay poca información sobre su efectividad y su capacidad para blanquear los dientes de manera eficaz. Además, tanto el ozono como el peróxido de hidrógeno pueden generar oxígeno dentro de las estructuras de los dientes, lo que podría traer consigo una reducción notable en los niveles de adherencia (Carrilho et al., 2002).

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio?

1.3.2 Problemas específicos

- a. ¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a las 24 horas?
- b. ¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 7 días?
- c. ¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 14 días?
- d. ¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 21 días?

1.4 Antecedentes

Dinc et al. (2023), Turquía. Efecto del Ozono en la Fuerza de Adhesión de Diferentes Materiales Restaurativos a Esmalte y Dentina. El objetivo fue examinar los efectos del tratamiento con ozono aplicado en dos momentos diferentes, seguido de la aplicación in vitro de una solución reductora, sobre la resistencia al cizallamiento de cuatro materiales restauradores diferentes en el esmalte y la dentina. Se dividió aleatoriamente un total de 400 dientes molares humanos libres de caries en grupos de esmalte y dentina, y cada uno se dividió en cinco subgrupos. El grupo O20 recibió ozono durante 20 segundos, O20 + R recibió ozono durante 20 segundos + solución reductora, O80 recibió ozono durante 80 segundos, O80 + R recibió ozono durante 80 segundos + solución reductora y C fue el grupo de control. Cada subgrupo se dividió en cuatro subgrupos más según el material restaurador (es decir, resina compuesta nanohíbrida, resina compuesta microhíbrida basada en silorano, compómero o cemento de ionómero de vidrio convencional encapsulado). Después del almacenamiento en agua durante siete días, se midieron los datos de resistencia al cizallamiento (MPa) mediante una máquina de ensayos universal a una velocidad de cabezal transversal de 0,5 mm/min hasta la fractura, y se examinaron los tipos de falla. Los efectos de las aplicaciones de ozono y ozono + reductor en el esmalte y la dentina se examinaron mediante microscopía electrónica de barrido. Se encontró que la resistencia de unión del grupo de control fue similar a la del grupo O20 ($p > 0,05$), pero fue mayor que todos los demás grupos independientemente del tipo de material restaurador o la estructura del diente ($p < 0,05$). Se encontraron fallas del tipo adhesivas en la mayoría de los grupos. A través de exámenes SEM, se observó que las aplicaciones de ozono no cambiaron la morfología del esmalte, pero sí causaron el estrechamiento de las aberturas de los túbulos dentinarios.

Yanik et al. (2023), Turquía. Fuerza de unión por cizallamiento de cemento de ionómero de vidrio modificado con resina unido a agregado de trióxido mineral después de varios protocolos de desinfección. El objetivo fue comparar los efectos de 3 protocolos de desinfección de cavidades diferentes (CDP) en la resistencia de unión por cizallamiento (SBS) del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (RM-GIC) al agregado de trióxido mineral (MTA). Se prepararon ciento ochenta orificios estándar y se llenaron con MTA, y luego se dividieron en 3 grupos principales basados en los intervalos de tiempo seleccionados (15 minutos, 24 horas y 72 horas). Los grupos principales se dividieron en 3 subgrupos basados en el CDP [gluconato de clorhexidina (CHX), ozono, láser y control]. Se aplicó RM-GIC sobre MTA después del CDP para todos los grupos. Se utilizó un dispositivo de prueba universal para la prueba. Se obtuvo como resultados que CHX mostró valores SBS significativamente más bajos que el control, excepto ozono y láser ($p < 0,05$). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los intervalos de tiempo. Se concluyó que CHX disminuyó la resistencia de unión entre MTA y RM-GIC, mientras que el ozono y el láser no tuvieron efecto negativo.

Marski et al. (2022), Brasil. Efectos de dos agentes blanqueadores de consultorio con diferentes composiciones en la resistencia de adhesión al esmalte. Este estudio evaluó el efecto de dos agentes blanqueadores de consultorio con diferentes composiciones en la resistencia de adhesión a la superficie del esmalte. Cincuenta dientes bovinos se dividieron en cinco grupos ($n = 10$ dientes por grupo), según el agente blanqueador utilizado y el tiempo transcurrido para realizar los procedimientos restaurativos: procedimientos restaurativos realizados sin blanqueamiento (grupo de control); blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35% (HP), con procedimientos restaurativos 24 horas o 7 días después del blanqueamiento (grupos HP/24h y HP/7d,

respectivamente); y blanqueamiento con HP al 35% con compost de calcio, con procedimientos restaurativos 24 horas o 7 días después del blanqueamiento (grupos HP AutoMixx/24h y HP AutoMixx/7d, respectivamente). Los especímenes se almacenaron a 37°C en saliva artificial. Los dientes restaurados se sometieron a una prueba de resistencia de adhesión mediante microcisura. Los especímenes se analizaron utilizando un estereoscopio para determinar el patrón de fractura, clasificado como adhesivo, cohesivo o mixto. Se encontró que los grupos mostraron valores de resistencia de adhesión similares sin diferencia significativa entre ellos ($P > 0,05$). Hubo predominio del patrón de fractura tipo adhesivo en todos los grupos. Los agentes blanqueadores con diferentes composiciones mostraron valores de resistencia de adhesión similares cuando la restauración se realizó 24 horas y 7 días después del blanqueamiento, y los resultados fueron similares al grupo de control.

Baia et al. (2020), Brasil. Influencia del Blanqueamiento Dental Prolongado en la Resistencia de Adhesión de los Adhesivos a las Superficies de Esmalte. El objetivo de este estudio in vitro fue evaluar la influencia del blanqueamiento prolongado pre- y post-restauración en la resistencia de adhesión (microcisura) al esmalte utilizando peróxido de hidrógeno al 4% (PH4). En las muestras post-restauración blanqueadas, los cilindros de composite se ensamblaron después del blanqueamiento, mientras que en las muestras preblanqueadas, los cilindros se ensamblaron antes. Por lo tanto, en las muestras post-blanqueadas, se asignaron aleatoriamente 60 dientes bovinos de la siguiente manera: G1: control; G2: 14 días de blanqueamiento antes de la prueba de resistencia de adhesión (RA); G3: 21 días; y G4: 28 días. En las muestras preblanqueadas, se asignaron aleatoriamente 180 dientes bovinos de la siguiente manera: G1: control; G5: 14 días de blanqueamiento, almacenamiento en saliva artificial (AS) durante 24 horas antes de la prueba de RA; G6: 14 días de blanqueamiento, almacenamiento en AS durante 7 días

antes de la prueba de RA; G7: 21 días de blanqueamiento, almacenamiento en AS durante 24 horas antes de la prueba de RA; G8: 21 días de blanqueamiento, almacenamiento en AS durante 7 días antes de la prueba de RA; G9: 28 días de blanqueamiento, almacenamiento en AS durante 24 horas antes de la prueba de RA; y G10: 28 días de blanqueamiento, almacenamiento en AS durante 7 días antes de la prueba de RA. Se obtuvo que en el blanqueamiento post-restauración, no se encontró diferencia estadística entre los tiempos. Sin embargo, cuando se compararon los grupos blanqueados con el control (G1), se detectó una diferencia significativa ($p \leq 0,0001$). Para el blanqueamiento pre-restauración, todos los grupos experimentales fueron estadísticamente diferentes de G1 ($p \leq 0,05$), excepto G6 ($p \geq 0,01$), y se encontraron diferencias estadísticas para G5 y G6 ($p \leq 0,01$). No hubo diferencias significativas entre G7 y G8 y entre G9 y G10, independientemente de los tiempos de almacenamiento en AS ($p \geq 0,05$). Se concluyó que el blanqueamiento prolongado con PH4 disminuyó la resistencia de adhesión independientemente del momento del blanqueamiento (blanqueamiento post- y pre-restauración).

Çelik et al. (2020), Turquía. Influencia del pretratamiento con láser y ozono en la resistencia de unión por cizallamiento de selladores de fisuras: un estudio comparativo in vitro. El objetivo fue evaluar la resistencia de unión por cizallamiento (RBC) de 3 selladores de fisuras utilizados solos y con pretratamiento con ozono y láser. Para la prueba de RBC, las superficies de esmalte aplanadas de 90 terceros molares sanos se dividieron al azar en nueve grupos ($n = 10$ para cada grupo), según los diferentes selladores (BeautiSealant, Fuji Triage y Grandio Seal) y las condiciones de pretratamiento (sin pretratamiento, pretratamiento con ozono y pretratamiento con láser de neodimio dopado con aluminio y granate de itrio [Nd:YAG]). El ozono se aplicó durante 30 s en modo de caries superficial y el láser Nd:YAG durante 60 s. Después de los procedimientos

de pretratamiento, los selladores se colocaron dentro de un molde sobre la superficie del esmalte. La RBC se midió con una máquina de ensayo universal. El láser Nd:YAG y el ozono no afectaron la RBC de BeautiSealant. Sin embargo, se determinaron diferencias significativas en los grupos de Fuji Triage y Grandio Seal después de los procedimientos de pretratamiento ($P < 0,05$). Se concluyó que el ozono y el láser pueden ser utilizados para desinfectar las fisuras antes de la aplicación de BeautiSealant.

Alaghehmand et al. (2019), Irán. El efecto del blanqueamiento en consultorio en el color y la fuerza de unión de las restauraciones de resina. El objetivo fue encontrar el mejor método de blanqueamiento dental en consultorio con el menor efecto en la fuerza de microcorte de adhesión (MSBS) de las restauraciones de resina compuesta existentes en la estructura dental. Se prepararon cavidades de Clase V en la superficie bucal de 50 terceros molares humanos extraídos y sanos. Las cavidades en 25 dientes tenían paredes axiales de esmalte, Grupo E, que se dividieron en cinco subgrupos de E1 a E5, y en 25 dientes tenían paredes axiales de dentina, Grupo D, que se dividieron en cinco subgrupos de D1 a D5. Las cavidades se trataron con el sistema adhesivo Single Bond 2 y se restauraron con resina compuesta (Z250). Los subgrupos correspondientes recibieron métodos y materiales de blanqueamiento similares; 1 - no blanqueado, 2 - peróxido de hidrógeno (HP) al 25%, 3 - HP + luz ultravioleta, 4 - HP + dispositivo de curado por diodo emisor de luz, y 5 - HP + láser de diodo. De los resultados no se mostró diferencias en la MSBS de los subgrupos de esmalte, pero sí mostró diferencias significativas en los subgrupos de dentina ($P < 0.00$). La fractura adhesiva en todos los subgrupos fue el modo de fallo más frecuente. Se concluyó que el láser de diodo fue el mejor método para el blanqueamiento dental porque la disminución de la fuerza de adhesión entre la resina compuesta y el esmalte fue mínima.

Cheng et al. (2019), China. Efecto de la eliminación de la superficie después del blanqueamiento en la fuerza de unión del esmalte. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la eliminación de la superficie después del blanqueamiento en la fuerza de unión microcizalla (μ SBS) del esmalte blanqueado. Cuarenta y ocho especímenes se prepararon a partir de incisivos bovinos y se dividieron al azar en 2 grupos ($n = 24$): grupo B (blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40% durante 2×45 min con un intervalo de 1 semana) y grupo C (grupo control sin tratamiento de blanqueamiento). Inmediatamente después de recibir los tratamientos, se eliminó 0,5 mm de esmalte de la superficie del espécimen, seguido de la unión de resina compuesta a la superficie del esmalte. Cada grupo se dividió además en 2 subgrupos de 12 especímenes cada uno: subgrupo T (con 5000 ciclos térmicos en baños de agua a 5 °C y 55 °C) y subgrupo N (sin ciclos térmicos). Los modos de fractura de los especímenes se observaron utilizando un microscopio estereoscópico. Se obtuvo que todos los grupos presentaron un alto porcentaje de fallas mixtas. En comparación con el grupo C, el grupo B presentó un porcentaje más alto de falla adhesiva. Como conclusión se sugirió que el procedimiento de unión se puede realizar en el esmalte blanqueado después de una reducción de superficie de 0,5 mm inmediatamente después del tratamiento de blanqueamiento.

Santos et al. (2019), Brasil. Influencia del blanqueamiento prolongado con peróxido de hidrógeno al 4% que contiene calcio y diferentes tiempos de almacenamiento en la fuerza de unión al esmalte. El objetivo fue evaluar la influencia de diferentes protocolos de blanqueamiento en la fuerza de adhesión al esmalte dental. Se utilizaron cuarenta incisivos bovinos sanos que se dividieron en cinco grupos. G1: Sin blanqueamiento (control). G2: Blanqueamiento durante 14 días con peróxido de hidrógeno al 4% con calcio (4% HP+Ca²⁺) (2 horas/día) y almacenamiento en saliva artificial (SA) durante 24 horas. G3: Blanqueamiento durante 14 días con 4% HP+Ca²⁺ (2 horas/día) y

almacenamiento en SA durante 7 días. G4: Blanqueamiento durante 28 días con 4% HP+Ca²⁺ (2 horas/día) y almacenamiento en SA durante 24 horas. G5: Blanqueamiento durante 28 días con 4% HP+Ca²⁺ (2 horas/día) y almacenamiento en SA durante 7 días. Después de los tiempos de almacenamiento, se construyeron cilindros de resina compuesta sobre las superficies del esmalte y se sometieron a pruebas de microdurabilidad. Se halló que la media más alta se observó en G1 (14,61 MPa) y la más baja en G4 (9,22 MPa). En comparación con el control negativo (G1), no se encontraron diferencias en el blanqueamiento de 14 días y lo mismo entre G2 y G3 ($p \geq 0,01$). Sin embargo, en el blanqueamiento de 28 días, los efectos de los períodos de almacenamiento (24 horas y 7 días) fueron significativamente diferentes ($p \leq 0,05$), además de que G4 y G5 fueron estadísticamente diferentes de G1. Se concluyó que el tiempo prolongado de blanqueamiento (28 días) disminuyó la fuerza de adhesión, independientemente del tiempo de almacenamiento en saliva artificial.

1.5 Justificación de la investigación

Justificación teórica:

Unos de los primordiales dilemas de la adhesión al esmalte, seguido de un clareamiento dental, es obtener la certeza de que el oxígeno residual generado, ya sea con gas (ozono) o con geles (peróxidos), por un tiempo determinado se queda dentro de la estructura dentaria limitando la adhesión. Se ha demostrado que el tiempo transcurrido desde el blanqueamiento hasta la restauración dental es crucial para la adhesión y el impacto del tiempo posterior al blanqueamiento en la fuerza de adhesión a la estructura del esmalte. Se ha estimado que las alteraciones después del blanqueamiento dental pueden extenderse hasta varias semanas, ya que se necesita tiempo para la eliminación del oxígeno residual. Por lo tanto, es justificable afirmar que el intervalo de tiempo

después del blanqueamiento dental es una variable de gran importancia para la adhesión a la estructura dental.

Justificación práctica

Es muy importante tener los conocimientos de saber cuándo tiempos debemos esperar post clareamiento dental para poder lograr una buena adhesión en los dientes aclarados, teniendo en cuenta si es un gel (peróxido) o un gas (ozono). Hay muchos pacientes que anhelan realizarse un clareamiento dental luego de realizarse distintos tratamientos como es una restauración simple con resina, restauraciones adhesivas como incrustaciones, coronas, también antes de la cementación de brackets estéticas o cementación de carillas dentales. Esta investigación es muy importante para dar a conocer con mayor profundidad los beneficios del gas de ozono como hiperoxidante en la odontología para poder lograr reducir los efectos adversos de sensibilidad con los agentes blanqueadores a base de geles peróxido de hidrogeno , ya que en esta investigación de busca determinar los tiempos ideales de espera para que el oxígeno se integre a la estructura del diente , producto de los clareadores (gas o gel) , que obtenga el tiempos suficiente para ser eliminado evitando dejar oxigeno atrapado en el interior de las estructuras dentarias por consiguiente evite una muy buena unión de los sistemas adhesivos en las piezas dentarias. Ya que la acción inhibitoria del residual oxigeno (capa inhibida) en el diente aclarado, lo cual limitamos la colocación de los procedimientos adhesivos en la pieza dentaria exitosamente, tanto para la colocación de coronas, brackets dentales, incrustaciones, cementación de carillas, etc.

Justificación metodológica

En la justificación metodológica de esta investigación se utilizarán dientes bovinos, siendo de gran aprobación por los estudiantes donde los resultados que se obtiene con estos tipos de muestras son confiables. Muchos autores hacen referencia a este concepto

concordando que los dientes de humanos son muy similares en forma e histológicamente a los de algunos mamíferos, en el caso de los dientes bovinos estos presentan características especiales lo cuales son, su forma anatómica y su composición histológica estas características especiales los hace ideales para comparar con los dientes humanos y así poder hacer trabajos de investigación.

1.6 Limitaciones de la investigación

Al ser este un estudio *in vitro*, hay varios aspectos clínicos que no podrán ser evaluados, por ejemplo, el nivel de sensibilidad producido por el ozono frente a otros blanqueadores. Además, estos resultados debido al diseño de estudio *in vitro* no podrán ser extrapolados a nivel clínico.

1.7 Objetivos de la investigación

1.7.1 Objetivo general.

Evaluar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio

1.7.2 Objetivos específicos

- a. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a las 24 horas.
- b. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 7 días.
- c. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 14 días.

- d. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 21 días.

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio.

1.8.2 Hipótesis específicas

- a. Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a las 24 horas.
- b. Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 7 días.
- c. Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 14 días.
- d. Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 21 días.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

CLAREAMIENTO DENTAL:

En nuestra sociedad, el estándar de belleza dental se establece por múltiples factores, y uno de los principales motivos de insatisfacción es la presencia de decoloración dental o un tono que no cumpla con las expectativas del paciente (Berga Caballero et al., 2006).

A lo largo de los años se ha estado marcado numerosos esfuerzos destinados a desarrollar un método eficaz de blanqueamiento dental. La práctica de blanquear dientes no vitales se inició en 1848 con la utilización de cloruro de cal, y en 1864, se presentó la técnica más eficiente para el blanqueo de dientes no vitales, la cual implicaba el uso de cloro proveniente de una solución de hidrocloreto de calcio y ácido acético (Alqahtani, 2014).

A finales del siglo XIX, se logró el éxito con el empleo de diversos agentes blanqueadores en dientes no vitales, como el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada o perhídrol) (Dahl & Pallesen, 2003).

Todos estos compuestos se consideraron como oxidantes, ya sea de acción directa o indirecta sobre la parte orgánica del diente, a excepción del ácido sulfuroso, que tenía un efecto reductor. Posteriormente, se identificó que los oxidantes directos más eficaces eran el Pyrozone, el Superoxol y el dióxido de sodio, mientras que el oxidante indirecto preferido era un derivado de cloro (Alqahtani, 2014).

Superoxol, se convirtió en el compuesto químico preferido por la mayoría de los odontólogos debido a su alto nivel de seguridad. Pyrozone continuó demostrando su efectividad en el blanqueamiento de dientes no vitales; y referido a los dientes vitales

fueron sometidos a procesos de blanqueamiento empleando ácido oxálico, y posteriormente utilizando peróxido de hidrógeno, siendo en 1911, el uso de este concentrado junto a un instrumento de calentamiento o una fuente de luz se consideró un método aceptado en las clínicas dentales (Alqahtani, 2014).

Adicionalmente, a fines de la década de 1960, se desarrolló con éxito una técnica de blanqueamiento dental para uso en el hogar, se recomendó el uso de un antiséptico oral que contenía un 10% de carbamida peróxido y se aplicaba a través de una férula dental personalizada durante la noche. Se observó que este tratamiento no solo mejoraba la salud de las encías, sino que también proporcionaba un efecto de blanqueamiento dental (Haywood et al., 1990).

Después, llegó al mercado una fórmula que combina un 10% de carbamida peróxido con agua, glicerina y carbopol. Más adelante, la Universidad de Carolina del Norte realizó una aprobación clínica que respaldó la efectividad en un entorno clínico (Haywood, 1991).

Después de esto se presentó una técnica de blanqueamiento dental en el hogar introduciéndose en el mercado un producto para uso doméstico conocido como "White and Brite™" (Omni International, Albertson, Nueva York, EE. UU.). Desde entonces, se han presentado numerosos métodos y otros productos (Haywood, 1991).

Los productos de blanqueamiento dental de venta libre se introdujeron por primera vez en los Estados Unidos en la década de los '90. Estos productos contienen concentraciones más suaves de peróxido de hidrógeno o carbamida peróxido y se comercializan directamente a los consumidores para que los utilicen en sus hogares (Haywood, 2000).

En la actualidad, la técnica empleada en las consultas dentales para el blanqueamiento dental suele involucrar distintas concentraciones de peróxido de hidrógeno, que varían

desde el 15% hasta el 40%. Esto se realiza ya sea con o sin el uso de luz y en presencia de un aislamiento con dique de goma (Haywood, 2000).

Actualmente, es común que las personas deseen tener dientes que los hagan ver más jóvenes, saludables y atractivos. Por esta razón, cada vez hay más personas que solicitan tratamiento para tratar las manchas en sus dientes. Aunque existen varias opciones para mejorar las decoloraciones de la superficie dental, como las carillas y coronas, las técnicas de blanqueamiento son más conservadoras y económicas que otras alternativas (Ahrari et al., 2020).

El clareamiento dental es un procedimiento terapéutico que permite eliminar la pigmentación dental, y lograr un tono que se ajuste a las demandas estéticas del paciente. Se trata de un procedimiento no invasivo y conservador que favorece la salud y la higiene periodontal, preservando la forma original de los dientes sin realizar cambios. (Berga Caballero et al., 2006).

Es frecuente encontrar pacientes que desean mejorar su apariencia estética en la consulta odontológica, y muchos de ellos solicitan el blanqueamiento dental como un medio para lograrlo. Existen diversas técnicas para llevar a cabo este procedimiento, todas basadas en el uso de peróxidos de hidrógeno y carbamida en diferentes concentraciones (Acuña Navarro et al., 2015).

Una de estas técnicas es el blanqueamiento ambulatorio o domiciliario, en el que se utilizan productos con bajas concentraciones de peróxidos. Otra técnica es el blanqueamiento en consultorio, donde se emplean productos con concentraciones más elevadas (Acuña Navarro et al., 2015).

Después del proceso de blanqueamiento dental, se producen ligeras modificaciones en la estructura de la superficie dental, ya que los peróxidos generan microporosidades en

ella. Aunque no son apreciables a simple vista, estos cambios pueden aumentar la susceptibilidad a la pigmentación (Dahl & Pallesen, 2003).

El esmalte dental es un tejido extremadamente duro que se encuentra en el cuerpo humano. Está altamente mineralizado, con un 97% de su peso compuesto por hidroxiapatita. Además, contiene aproximadamente un 1% de material orgánico, principalmente proteínas como amelogenina y enamelina, y un 2% de agua (Zhou & Zheng, 2008).

La microestructura del esmalte se compone de prismas o varillas de hidroxiapatita inorgánico de tamaño nanométrico con diversas orientaciones. Estos prismas están recubiertos por una fina capa de enamelin y se encuentran encapsulados por proteínas, principalmente ameloblastina hidrofílica (Elfallah et al., 2015).

La dureza del esmalte está relacionada con su contenido mineral y proteico. Estas proteínas también contribuyen a la ductilidad y, por lo tanto, a la resistencia del esmalte (Giannini et al., 2004).

Es importante destacar que la cantidad de estos compuestos varía en diferentes profundidades del esmalte, lo que resulta en variaciones en su dureza según la ubicación en los dientes (Elfallah et al., 2015).

El blanqueamiento dental en la oficina, con una concentración alta de peróxido de hidrógeno, puede causar quemaduras en los tejidos blandos y blanquearlos (Barghi & Morgan, 1997).

Por lo general, si la exposición al agente blanqueador es breve y limitada en cantidad, las quemaduras en los tejidos son reversibles y se puede restaurar rápidamente el color del tejido mediante rehidratación y la aplicación de una pomada antiséptica (Barghi, 1998).

Es crucial resguardar los tejidos blandos con un dique de goma u otras precauciones para prevenir quemaduras en los tejidos. Además, la irritación de los tejidos blandos en el blanqueamiento casero suele deberse a una bandeja mal ajustada, no al agente blanqueador en sí (Li, 1997).

Se ha incrementado la inquietud acerca de los posibles efectos negativos de los productos de blanqueamiento caseros, a pesar de que sus niveles de concentración son significativamente inferiores a los utilizados en el blanqueamiento en la consulta dental (Howard, 1992).

En ocasiones, los pacientes reportan irritación de las membranas mucosas gastrointestinales, manifestándose como un ardor en el paladar y la garganta, así como molestias leves en el estómago o los intestinos (Pohjola et al., 2002).

No obstante, la mayoría de los estudios en la literatura han llegado a la conclusión de que el empleo de bajas concentraciones de peróxido de hidrógeno en el blanqueamiento dental sigue siendo seguro (Freedman, 1990).

EFECTO DEL CLAREAMIENTO DENTAL PRE OPERATIVA

Se ha estudiado extensamente en la literatura la disminución en la adhesión de restauraciones dentales a la estructura dental después del blanqueamiento. Algunos autores sugieren que esta disminución se debe a la presencia de peróxido residual en la superficie dental, lo que obstaculiza la adhesión de la resina y su polimerización completa (Dishman et al., 1994).

Algunos sugirieron que el blanqueamiento dental vital modifica la composición de proteínas y minerales en las capas superficiales del esmalte, lo que posiblemente cause la reducción en la fuerza de adhesión (Perdigão et al., 1998).

Se han propuesto diversas estrategias en la literatura para mejorar la adhesión en dientes previamente blanqueados, entre ellas el uso de ácido ascórbico al 10% para

restaurar la adhesión comprometida del esmalte previamente blanqueado con peróxido de carbamida al 10% en combinación con composite de resina (Kimyai & Valizadeh, 2006).

Además, se ha observado que la aplicación de un antioxidante, como el ácido ascórbico sódico, puede revertir de inmediato la disminución en la adhesión en dientes blanqueados con peróxido de hidrógeno o tratados con hipoclorito sódico (M. Türkün et al., 2009).

La catalasa o sustancias similares pueden ayudar después del blanqueamiento para reducir el peróxido de hidrógeno residual en los dientes blanqueados, pero señalaron que la catalasa no es práctica para uso clínico debido a su corta vida útil y necesidad de refrigeración (Kum et al., 2004).

Otros investigadores notaron que la α -tocoferol en solución aumenta la fuerza de unión del esmalte blanqueado, aunque se recomienda esperar al menos 1 semana después del blanqueamiento antes de proceder con la unión (Sasaki et al., 2009).

También se tiene conocimiento que la aplicación de extracto de semilla de uva (proantocianidinas oligoméricas) tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 38% y antes de los procedimientos de unión en el esmalte contrarresta por completo los efectos negativos del blanqueamiento, mejorando considerablemente la fuerza de unión (Vidhya et al., 2011).

Puesto que se ha comprobado que la reducción en la adhesión después del blanqueamiento dental puede recuperarse, la recomendación más respaldada en la literatura es postergar el proceso de unión por un período que varía, en numerosos estudios, desde 24 horas hasta un mes o incluso cuatro semanas (M. Türkün & Kaya, 2004).

EFFECTO DEL CLAREAMIENTO DENTAL POS OPERATIVA

La mayoría de los estudios actuales se han enfocado en cómo los geles blanqueadores afectan la adhesión de las resinas compuestas al esmalte antes de un procedimiento. Sin

embargo, no se examinan cómo estos geles influyen en la unión de restauraciones compuestas ya existentes, y se han empleado diversas técnicas para analizar este efecto (Dudek et al., 2013).

De hecho, los radicales de oxígeno liberados por los materiales de blanqueamiento a base de peróxido son altamente reactivos y no específicos, lo que puede tener consecuencias negativas en los tejidos dentales, así como en los materiales restauradores, afectando la microdureza, el color y otras propiedades de la superficie (Hannig et al., 2007).

Se ha señalado que estos radicales de peróxido podrían perjudicar la unión del sustrato dental a las etiquetas de resina, conocidas como la capa híbrida, la cual juega un papel fundamental en los procesos de adhesión entre los dientes y las resinas compuestas (Nakabayashi et al., 1982).

CAUSAS DE LA DESCOLORACIÓN:

Existen diversos tipos relacionados al problema de color que pueden impactar la apariencia de los dientes, y las causas y la velocidad con que se pueden remover varían (Alqahtani, 2014).

Por esta razón, es importante evaluar cuidadosamente las causas del oscurecimiento dental para predecir de manera más precisa la tasa y el grado de mejora en el color de los dientes que se puede lograr mediante el blanqueamiento, ya que algunas manchas son más susceptibles al proceso que otras. Las decoloraciones pueden clasificarse en extrínsecas o intrínsecas (Alqahtani, 2014).

Extrínseca: son el resultado de la acumulación de sustancias que causan pigmentación en la superficie externa del diente. Las causas de los cambios de color externos pueden variar, desde una higiene oral deficiente hasta la ingesta de alimentos y bebidas que contienen sustancias que tiñen y el consumo de tabaco. Estas manchas suelen

encontrarse en la capa adquirida y se forman debido a la reacción entre azúcares y aminoácidos, o bien se adquieren debido a la retención de sustancias que tiñen externas en la capa (Viscio et al., 2000).

Adicionalmente, la retención de sustancias coloreadas externas en la capa protectora ocurre cuando las proteínas de la saliva se unen de manera selectiva a la superficie del esmalte dental mediante enlaces de calcio, lo que conlleva a la formación de dicha capa, las moléculas coloreadas interactúan con esta capa a través de enlaces de hidrógeno (Goldstein & Garber, 1995).

La mayoría de las manchas superficiales en los dientes pueden eliminarse mediante procedimientos de limpieza dental de rutina; aunque con el tiempo, estas manchas tienden a volverse más oscuras y persistentes, son todavía son altamente susceptibles al proceso de blanqueamiento dental (Goldstein & Garber, 1995).

Intrínseca: Las manchas intrínsecas suelen originarse en capas más profundas o en defectos internos del esmalte dental, y pueden ser causadas por diversos factores. El envejecimiento es una causa común de decoloración (Alqahtani, 2014).

Con el paso del tiempo, la dentina subyacente tiende a oscurecerse debido a la formación de dentina secundaria, la cual es más oscura y opaca que la dentina original, especialmente cuando el esmalte que la recubre se vuelve más delgado. Esta combinación a menudo resulta en dientes de tonalidad más oscura (Alqahtani, 2014).

El exceso de flúor en el agua potable, en concentraciones superiores a 1-2 ppm, puede provocar alteraciones metabólicas en los ameloblastos, lo cual resulta en la formación de una matriz defectuosa y una calcificación inadecuada de los dientes (Alqahtani, 2014).

La decoloración originada por la ingestión de medicamentos puede manifestarse tanto antes como después de que el diente haya alcanzado su pleno desarrollo. La tetraciclina

se introduce en la dentina durante el proceso de calcificación del diente, dando lugar a la aparición de ortofosfato de tetraciclina, lo que ocasiona la decoloración (Nathoo, 1997).

Además, las manchas intrínsecas también están relacionadas con condiciones hereditarias, como amelogénesis imperfecta y dentinogénesis imperfecta. La penetración de sangre en los túbulos dentinarios y la liberación de metales de los materiales utilizados en restauraciones dentales también pueden ser responsables de las manchas (Viscio et al., 2000).

Las manchas intrínsecas no pueden ser eliminadas mediante los procedimientos habituales de profilaxis dental. No obstante, pueden ser disminuidas mediante la aplicación de sustancias blanqueadoras que penetran en el esmalte y la dentina con el fin de oxidar los cromógenos (Haywood, 2000).

Las manchas en los dientes resultantes del proceso de envejecimiento, la herencia genética, el hábito de fumar o el consumo de café son las que muestran una mayor rapidez en su respuesta al tratamiento de blanqueamiento (Haywood, 2000).

Las manchas de tonalidad amarillenta asociadas al envejecimiento tienden a mostrar una respuesta rápida en la mayoría de los casos, mientras que las manchas tetraciclinas de tonalidad azul-gris son las que suelen mostrar una respuesta más lenta al blanqueamiento, y los dientes con fluorescencia de tono marrón responden de manera moderada al tratamiento (Haywood, 1991)

_ AGENTES CLAREADORES:

Los agentes oxidantes son altamente eficaces debido a su capacidad para penetrar en el esmalte y la dentina, y oxidar las moléculas responsables de la decoloración dental (Lynch et al., 1995).

En la actualidad, los agentes más utilizados incluyen el peróxido de hidrógeno, presente en concentraciones que van desde el 3% hasta el 50%, y el peróxido de

carbamida, también conocido como peróxido de urea, que generalmente se utiliza en concentraciones del 1% al 45%. Estos productos están disponibles en diversas formas comerciales, como geles, enjuagues bucales, pastas dentales o barnices (Lynch et al., 1995).

Hay dos métodos para el blanqueamiento dental profesional, que varían en la concentración del agente blanqueador y la duración del tratamiento. Estos métodos incluyen el blanqueamiento en consultorio (administrado por un profesional) y el blanqueamiento en casa (dispensado por un profesional) (Luna et al., 2006).

El blanqueamiento en casa se realiza mediante el uso de sustancias que liberan niveles bajos de peróxido de hidrógeno (HP) durante un largo período de tiempo. Por lo general, se utiliza peróxido de carbamida (del 5% al 22%) durante dos semanas para el blanqueamiento en casa (Luna et al., 2006).

El blanqueamiento en casa ofrece algunas ventajas, como una concentración de sustancia blanqueadora más baja, menor costo y ahorro de tiempo en el consultorio, por lo que suele ser considerado la primera opción para el blanqueamiento dental (de Geus et al., 2018).

En contraste, el blanqueamiento en consultorio emplea altas concentraciones de agentes blanqueadores (hasta un 55% de HP) y produce resultados inmediatos y visibles, lo que aumenta la satisfacción del paciente con el tratamiento (de Geus et al., 2018).

Entonces, la técnica de blanqueamiento en el consultorio es la opción ideal para pacientes que desean un tratamiento de blanqueamiento dental rápido o que no colaboran lo suficiente para utilizar las bandejas de blanqueamiento en casa. (Ghanbarzadeh et al., 2015).

COMPOSICIÓN DE LOS AGENTES BLANQUEADORES

Los productos para blanqueamiento dental actuales contienen componentes activos como peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida, junto con ingredientes inactivos que comprenden agentes espesantes, portadores, surfactantes, conservantes y saborizantes (Alqahtani, 2014).

Entre los agentes espesantes tenemos el carboxipolimetileno se destaca como el agente espesante más comúnmente empleado. Su concentración oscila entre el 0,5% y el 1,5% (Rodrigues et al., 2007).

Este polímero de ácido poliacrílico de alto peso molecular ofrece dos ventajas clave: incrementa la viscosidad de los productos de blanqueamiento, lo que facilita una mejor retención del gel blanqueador en la férula dental, y extiende el tiempo de liberación de oxígeno activo del material blanqueador hasta en cuatro veces (Rodrigues et al., 2007).

En los productos de blanqueamiento dental, la glicerina y el propilenglicol funcionan como vehículos comunes, manteniendo la humedad y facilitando la disolución de otros componentes. Los tensoactivos y dispersantes de pigmentos en los geles pueden aumentar la eficacia al facilitar la difusión del ingrediente activo y mantener los pigmentos en suspensión (Feinman et al., 1991).

Los conservantes como el metilparabeno, el propilparabeno y el benzoato de sodio previenen el crecimiento bacteriano y aceleran la descomposición del peróxido de hidrógeno al liberar metales de transición. Asimismo, los aromatizantes como la menta, la hierbabuena y otros mejoran el sabor y la aceptación por parte del usuario (Feinman et al., 1991).

CLAREAMIENTO EN DIENTE VITAL

Para blanquear dientes naturales, se pueden utilizar tres enfoques principales: el blanqueamiento en el consultorio dental, el de férula y el uso de productos de venta libre (Kihn, 2007).

En el blanqueamiento en la clínica dental, se emplea una alta concentración de agentes blanqueadores (25-40% de peróxido de hidrógeno) y el dentista tiene control total, deteniendo el procedimiento al alcanzar el resultado deseado. Se aplica gel blanqueador en los dientes, el peróxido se activa, o no, con calor o luz durante aproximadamente una hora en la consulta dental (Suleiman-Martos et al., 2020).

Se pueden emplear diversos tipos de luces de polimerización, como las halógenas, por ejemplo, para activar el gel blanqueador o acelerar el efecto de blanqueamiento. A menudo, se requieren múltiples sesiones para alcanzar un resultado óptimo, aunque una sola sesión en la clínica dental puede producir un blanqueamiento significativo (Sulieman, 2005).

En segundo lugar, el uso de la férula supervisado por un dentista o realizado en casa involucra el uso de una concentración baja de agente blanqueador. Por lo general, se sugiere que los pacientes utilicen el peróxido de carbamida al 10% durante 8 horas al día y el peróxido de carbamida al 15-20% durante 3-4 horas al día. Este procedimiento es llevado a cabo por los pacientes utilizándose durante la noche durante al menos 2 semanas (Suleiman-Martos et al., 2020).

El enfoque en el hogar brinda múltiples ventajas, como la autogestión por parte del paciente, menor tiempo en el consultorio, alta seguridad, menos efectos secundarios y costos más bajos. Esta técnica se ha convertido en el estándar para comparar con otras técnicas. Sin embargo, no está exenta de desventajas, ya que requiere la cooperación activa del paciente y enfrenta tasas considerables de abandono (Leonard et al., 2003).

El cambio de color está influenciado por la regularidad del uso, y los resultados a veces no son óptimos debido a que algunos pacientes olvidan usar las férulas diariamente, mientras que un uso excesivo puede llevar a la sensibilidad térmica (Haywood et al., 1990).

Algunos profesionales sugieren utilizar una concentración del 35% de peróxido de hidrógeno en el blanqueamiento dental en la clínica, seguido de un blanqueamiento en el hogar con geles que contienen 10%, 15% o 20% de peróxido de carbamida (Broome, 1998).

Se demostró que los blanqueadores de alta concentración pueden generar más radicales de peróxido para acelerar el proceso de blanqueamiento, aunque este enfoque rápido puede aumentar los efectos secundarios, como la sensibilidad dental, irritación de las encías, molestias en la garganta y náuseas (Broome, 1998).

En la actualidad, los productos de blanqueamiento de venta libre han ganado popularidad, caracterizándose por su baja concentración de agente blanqueador (3-6% de peróxido de hidrógeno) estos productos se encuentran disponibles en diferentes formatos y se recomienda su uso dos veces al día durante un período máximo de 2 semanas (Zantner et al., 2007).

CLAREAMIENTO EN DIENTE NO VITAL

Hoy en día, se emplean diversas técnicas de blanqueamiento dental en dientes no vitales, como el blanqueamiento ambulatorio, su versión modificada, el blanqueamiento no vital con energía y el blanqueamiento interno y externo (Setien et al., 2008).

En la técnica de blanqueamiento ambulatorio, se introduce una mezcla de perborato de sodio y agua en la cámara pulpar del diente afectado, repitiendo este procedimiento en intervalos hasta lograr el resultado de blanqueamiento deseado (Setien et al., 2008).

Esta técnica se adapta mediante la aplicación de una combinación de peróxido de hidrógeno al 30% y perborato de sodio sellados en la cámara pulpar durante una semana, denominándose blanqueamiento ambulatorio modificado (Alqahtani, 2014).

Por otro lado, en el blanqueamiento no vital con energía interno, se utiliza gel de peróxido de hidrógeno (30-35%) en la cámara pulpar y se activa mediante luz o calor,

manteniendo la temperatura generalmente entre 50 y 60 °C durante cinco minutos, seguido de un enfriamiento de cinco minutos (Alqahtani, 2014).

Posteriormente, se retira el gel, se seca el diente y se aplica la técnica del 'blanqueamiento ambulatorio' entre visitas, evaluando la necesidad de tratamiento adicional después de dos semanas. Además, existe la técnica de blanqueamiento interno/externo, que combina el blanqueamiento interno de dientes no vitales con la técnica de blanqueamiento casero (Setien et al., 2008).

PEROXIDO DE HIDRÓGENO

El peróxido de hidrógeno, también conocido como agua oxigenada, es una sustancia oxidante ampliamente utilizada en diversas aplicaciones, como el aclaramiento y la eliminación de olores en tejidos, la producción de pulpa de madera, el tratamiento de aguas y aguas residuales, la desinfección de semillas y la neutralización en la destilación del vino (Naik et al., 2006).

Este compuesto químico se presenta como un líquido transparente con un sabor amargo, y tiene una alta capacidad de disolverse en agua, lo que resulta en una solución ácida cuyo pH varía según la concentración (Naik et al., 2006).

El peróxido de hidrógeno es un agente de blanqueamiento dental ampliamente utilizado en todo el mundo para dientes vivos. Actúa como un oxidante y genera radicales libres $\text{HO}_2 + \text{O}$ al descomponerse en el esmalte dental. Estos radicales libres tienen la capacidad de liberar moléculas de H_2O_2 cuando se activan por calor o luz alógena (Narciso, 2011).

Aunque se liberan a través del esmalte, es en la dentina, el tejido interno del diente, donde ejercen su acción blanqueadora, el que sufre el proceso de oxidación, lo que resulta en un cambio de tono en la estructura dental. Por lo tanto, este método implica un blanqueamiento desde el interior del diente (Narciso, 2011).

Aunque no se comprende completamente el mecanismo exacto del blanqueamiento dental, algunos investigadores creen que el radical hidroxilo rompe los enlaces dobles presentes en los cromóforos, lo que reduce la capacidad de estas moléculas para reflejar luz y produce un efecto blanqueador. Se ha observado que el uso de fuentes de luz durante el proceso de blanqueamiento mejora su eficacia (Eimar et al., 2012).

MECANISMOS DE ACCIÓN:

Tanto los geles de blanqueamiento de uso en la oficina dental como los de uso en casa contienen peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida, que es su precursor, como ingrediente activo. Estos se encuentran en concentraciones que oscilan entre el 3% y el 40% de equivalente de peróxido de hidrógeno (Kashima-Tanaka et al., 2003).

El blanqueamiento con peróxido de hidrógeno suele llevarse a cabo a través del anión perhidroxilo (HO_2). La formación de radicales libres también puede ocurrir en otras situaciones, como la ruptura homolítica de un enlace O-H o del enlace O-O en el peróxido de hidrógeno para producir $\text{H}+\text{OOH}$ y 2OH (radical hidroxilo), respectivamente (Kashima-Tanaka et al., 2003).

Se ha comprobado que en los procedimientos de blanqueamiento dental bajo reacciones fotoquímicas iniciadas por luz o láseres, se produce un aumento en la generación de radicales hidroxilo a partir del peróxido de hidrógeno (Kashima-Tanaka et al., 2003).

El peróxido de hidrógeno es una sustancia que oxida y al penetrar en el diente se descompone generando radicales libres inestables tales como los radicales hidroxilo (HO), perhidroxilo (HOO), aniones perhidroxilo (HOO^-) y aniones superóxido (OO^-) que actúan sobre las moléculas pigmentadas orgánicas en los intersticios entre las sales inorgánicas del esmalte dental, afectando los dobles enlaces de las moléculas cromóforas presentes en los tejidos dentales (Minoux & Serfaty, 2008).

La modificación de la conjugación de los dobles enlaces conduce a la creación de compuestos más pequeños y menos pigmentados, esto resulta en una alteración en el espectro de absorción de las moléculas cromóforas, lo que a su vez provoca la decoloración de los tejidos dentales (Mello, 1967).

EFFECTOS CLÍNICOS:

Varios estudios han examinado los efectos clínicos de productos odontológicos que contienen H₂O₂ y peróxido de carbamida. Estos efectos abarcan el aclaramiento de los dientes, la hipersensibilidad dental y la irritación de las encías. Los posibles efectos adversos parecen estar relacionados con la forma de exposición y la frecuencia de uso, por lo que diferentes investigaciones arrojan resultados diversos (Naik et al., 2006).

Las enzimas degradativas en la saliva son el principal medio y las enzimas degradativas intracelulares son el medio secundario mediante el cual el organismo regula los niveles de H₂O₂. Los metales como el hierro y el cobre pueden acelerar la descomposición del H₂O₂ mediante la formación de radicales libres (M.V. Marshall et al., 2001).

Estos radicales libres son a su vez inactivados por defensas antioxidantes intracelulares no enzimáticas, como compuestos con grupos hidroxilo libre (por ejemplo, carbohidratos) que pueden capturar radicales hidroxilos y reducir la posibilidad de interacción con otros componentes celulares (M.V. Marshall et al., 2001).

La exposición a altos niveles de peróxidos presentes en los agentes blanqueadores durante 30 horas puede provocar una erosión suficiente del esmalte, lo que facilita la entrada de microorganismos oportunistas. Se encontró una disminución en la resistencia a la tracción en las resinas compuestas microrellenas expuestas a un 30% de H₂O₂ a 37°C durante una semana en comparación con las resinas compuestas posteriores o híbridas (M. Marshall et al., 1995).

Aunque este estudio no evaluó la recuperación a largo plazo después de la exposición a agentes blanqueadores, la eliminación del agente blanqueador restauró la opacidad y el blanqueamiento del esmalte (M. Marshall et al., 1995).

Por otra parte, se advertido en estudios previos, que los niveles de peróxido en la saliva al estar fuera de la protección de la férula, podría llevar al contacto con las membranas mucosas si el agente blanqueador se escapa del dispositivo y permanece en la región cervical, donde la acción de la saliva para eliminarlo es limitada (Walsh, 2000). Esto podría agravar el impacto en los tejidos de las encías debido a la deshidratación, resultado de la prolongada exposición a la base de glicerina anhidra utilizada en la mayoría de los productos blanqueadores dentales (Walsh, 2000).

Referido a la inflamación la secreción de H_2O_2 provoca la llegada de más células fagocíticas, empeorando así la respuesta inflamatoria. Algunas células tumorales son resistentes al H_2O_2 , reduciendo los efectos perjudiciales del sistema inmunológico en estas células. La estimulación de los neutrófilos con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA) causa la separación de células epiteliales gingivales (Altman et al., 1992).

La lisis celular se atribuye al sistema de mieloperoxidasa en neutrófilos estimulados por TPA, mientras que la separación se relaciona con el H_2O_2 o las proteasas. Por lo tanto, los neutrófilos pueden desempeñar un papel importante en la gingivitis y la periodontitis al liberar compuestos de oxígeno reactivos (Altman et al., 1992).

Se reportó que la liberación de especies reactivas de oxígeno por parte de los neutrófilos activados por TPA ocasionó la conversión a un estado maligno en células de mamíferos y provocó mutaciones en bacterias (Weitzman & Stossel, 1982).

La exposición constante a especies reactivas de oxígeno y productos químicos externos puede dañar células. En células de mamíferos, bajos niveles de H_2O_2 pueden activar genes de crecimiento como c-fos y c-jun, desencadenando eventos como la

reparación del ADN y la activación de enzimas que promueven el crecimiento celular. También pueden activarse genes que inducen la muerte celular programada, llamada apoptosis (M. Marshall et al., 1995).

OZONO

En 1839, Christian Friedrich Schonbein identificó un gas con olor eléctrico, al que llamó ozono. La terapia de oxígeno/ozono tiene una larga historia en investigación y aplicación clínica en humanos (Stübinger et al., 2006).

En 1870, el Dr. C. Lender utilizó esta terapia para purificar sangre en tubos de ensayo, y luego se extendió su uso en Europa y América. Para 1929, se habían identificado más de 114 enfermedades tratadas con oxígeno/ozono. De manera interesante, en 1930, el dentista alemán Dr. E.A. Fisch utilizó regularmente el ozono en su práctica dental en Zurich, Suiza, y publicó numerosos trabajos al respecto (Saini, 2011).

El ozono (O₃) es una molécula triatómica compuesta por tres átomos de oxígeno. Tiene un peso molecular de 47,98 g/mol y es un compuesto altamente inestable desde el punto de vista termodinámico, que puede descomponerse en oxígeno puro en un corto período de tiempo dependiendo de las condiciones del sistema (Kumar et al., 2016).

El ozono tiene una densidad 1.6 veces mayor y es 10 veces más soluble en agua que el oxígeno, con una solubilidad de 49.0 mL en 100 mL de agua a 0°C. A pesar de no ser una molécula radical, el ozono es el tercer oxidante más potente, después del flúor y el per-sulfato, con un valor de 12.076 V. Es un gas inestable que no puede almacenarse y debe utilizarse inmediatamente debido a su vida media de 40 minutos a 20 °C (Bocci, 2006).

El ozono (O₃) en el contexto clínico, se utiliza un generador de oxígeno/ozono que simula el proceso natural. El ozono es altamente efectivo como agente antimicrobiano contra bacterias, virus, hongos y protozoos, superando en potencia al cloro en 1.5 veces.

Además, tiene la capacidad de estimular la circulación sanguínea y fortalecer la respuesta inmunológica (Nogales et al., 2008).

Estas propiedades respaldan su creciente interés en aplicaciones médicas y dentales, donde se ha utilizado para tratar una amplia gama de 260 enfermedades diferentes (Nogales et al., 2008).

El ozono se produce en la estratosfera. Es un gas soluble en agua que tiene propiedades oxidantes y antimicrobianas. Aunque tiene un olor desagradable, se descompone rápidamente en oxígeno y no puede ser almacenado, por lo que debe ser utilizado inmediatamente (Elvis & Ekta, 2011).

El efecto antimicrobiano del ozono es ampliamente investigado, y en odontología, existen diversos enfoques para tratar infecciones dentales mediante terapia de oxígeno/ozono. Se emplean tres formas principales de aplicación en tejidos bucales: agua ozonizada, aceite de oliva ozonizado y gas oxígeno/ozono (Saini, 2011).

Tanto el agua ozonizada como el aceite de oliva ozonizado pueden retener y liberar oxígeno/ozono, lo que los hace sistemas ideales de administración. Estas modalidades se utilizan solas o en combinación para el tratamiento de enfermedades dentales (Saini, 2011).

El ozono se presenta como un potente agente antimicrobiano en odontología, efectivo contra una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias Gram positivas y negativas, virus y hongos. Su uso en diversas áreas de la odontología, como prótesis dentales, endodoncia, odontología restauradora, periodoncia y cirugía oral y maxilofacial, ofrece beneficios significativos en comparación con las terapias convencionales (Bhateja, 2012).

El ozono es un poderoso agente antimicrobiano que daña las membranas celulares, siendo efectivo incluso contra microorganismos resistentes a los antibióticos. Su actividad es

mayor en medios líquidos y pH ácido. En infecciones virales, inhibe la sensibilidad al peróxido en células infectadas y modifica la síntesis de proteínas virales a través de la enzima transcriptasa inversa. (Bocci, 2006).

El ozono se emplea en odontología tanto con fines preventivos como terapéuticos, aunque existen algunas contraindicaciones que incluyen el embarazo, el hipertiroidismo, la deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, la anemia severa, la miastenia grave, la hemorragia activa y la intoxicación aguda por alcohol. (Gupta & Mansi, 2012).

Otras aplicaciones en odontología las tiene en la eliminación de biofilms, la desinfección de bolsas periodontales, la prevención y manejo de caries dentales, el tratamiento de pulpas dentales expuestas, el tratamiento de conductos radiculares, extracciones dentales, el tratamiento de la sensibilidad dental, trastornos de la articulación temporomandibular, control del dolor e infecciones, aceleración del proceso de curación, regeneración de tejidos, control de la halitosis, remineralización de la superficie dental y el blanqueamiento dental (Al-Omiri et al., 2016).

La investigación anterior sobre el papel del ozono en el blanqueamiento dental es limitada; se informó que un gel ozonizado tuvo un mejor efecto blanqueador y se asoció con una menor rugosidad superficial de las muestras de resina compuesta teñida en forma de disco blanqueadas en comparación con el peróxido de carbamida al 30% (Elhamid & Mosallam, 2010).

Además, algunos estudios demostraron que el ozono puede aclarar los dientes incisivos manchados por tetraciclina en ratas (Tessier et al., 2010).

Por otro lado, se informó que el ozono puede blanquear los dientes de manera similar a Opalescence Quick, que contiene peróxido de carbamida al 45%. No obstante, los estudios previos en este tema tienen algunas limitaciones, como el uso de máquinas inseguras para generar ozono, la aplicación de configuraciones experimentales que no

pueden aplicarse en la clínica, el uso de guías visuales subjetivas para registrar los cambios de tonalidad y muestras de tamaño muy pequeño. También se han centrado principalmente en el análisis de manchas artificiales extrínsecas de té o registrado solo el componente de tonalidad (Grundlingh et al., 2012).

Se sugiere que el método de blanqueamiento dental con ozono funciona a través de la hiperoxidación de la superficie dental, lo cual se logra mediante el uso del ozono. Esto provoca la decoloración del diente (Moreira et al., 2022).

OZONO EN OPERATORIA DENTAL:

Recientemente, se ha despertado un interés creciente en el uso del ozono como tratamiento innovador para las caries. Se sugiere que su aplicación puede detener o fortalecer estas lesiones, ofreciendo una alternativa a los métodos tradicionales. Estudios han demostrado que el ozono puede eliminar bacterias de las caries de manera poco dolorosa (*Streptococcus mutans* y *sobrinus*), y también se evidencia un aumento en la remineralización en grupos tratados con ozono (Holmes, 2003).

La aplicación de ozono reduce la sensibilidad en dientes sensibles, incluso en las raíces, en un intervalo de 40 a 60 segundos. El ozono elimina la capa superficial, abre y ensancha los túbulos dentinarios, permitiendo una mejor penetración de agentes remineralizantes, como el calcio y el fluoruro, lo que resulta en una reducción rápida y duradera de la sensibilidad, superando a los tratamientos convencionales (Tiwari et al., 2017).

También se conoce que la aplicación de ozono alivia los síntomas en pacientes con síndrome de diente fracturado (Thaman & Sood, 2012).

Además, el ozono puede utilizarse para blanquear dientes descoloridos que han sido tratados en el conducto radicular con una irradiación de 3 minutos, logrando un resultado estético satisfactorio (Tessier et al., 2010).

OZONO EN PERIODONCIA

El ozono es efectivo contra bacterias Gram (+), Gram (-), virus y hongos. Puede aplicarse en bolsillos periodontales con generadores, agua ozonizada u ozonizado. Se reveló que las bacterias Gram-negativas son especialmente sensibles al ozono, y el agua ozonizada muestra una sólida acción bactericida contra *Streptococcus mutans* en la placa dental. Además, altas concentraciones de agua de ozono y ozono gaseoso superan la efectividad de la clorhexidina en la inhibición bacteriana (Huth et al., 2011).

OZONO Y REGENERACIÓN ÓSEA

Además de su capacidad antiséptica y desinfectante, el ozono se ha estudiado recientemente por su influencia en la regeneración ósea, se ha demostrado que la aplicación de ozono junto con autoinjerto aumenta el área ósea total y la cantidad de osteoblastos (Ozdemir et al., 2013).

OZONO EN CIRUGÍA ORAL

La terapia de ozono tiene amplias aplicaciones en cirugía oral gracias a sus propiedades biológicas, como mejorar la cicatrización, propiedades eritrocíticas y liberación de oxígeno en tejidos. Estos procesos mejoran el flujo sanguíneo en áreas isquémicas, utilizándose en la recuperación posquirúrgica tras extracciones dentales o implantología (Alpan et al., 2018).

El ozono también se emplea en desinfección de heridas, tratamiento de lesiones en tejidos blandos y trastornos de cicatrización, alveolitis, periimplantitis, osteonecrosis relacionada con bifosfonatos, trasplante dental y descontaminación de superficies radiculares de dientes avulsionados para reimplantar (Stübinger et al., 2006).

Es viable usar agua ozonizada en infecciones post-osteotomía en cirugía oral. Pruebas clínicas e histológicas respaldan su beneficio en la cicatrización de tejidos blandos. Utilizar agua ozonizada como agente de enfriamiento y lavado durante osteotomías del

tercer molar reduce complicaciones infecciosas. Además, la terapia de ozono disminuye eficazmente el dolor postoperatorio, aunque no afecta la inflamación ni el trismus en la extracción del tercer molar (Kazancioglu et al., 2014).

El ozono, al aprovechar sus capacidades metabólicas para fomentar la hemostasia, mejorar el suministro de oxígeno e inhibir la proliferación bacteriana, resulta beneficioso en la reducción de la aparición de la alveolitis seca y el alivio del dolor tras la cirugía de terceros molares (Ahmedi et al., 2016).

Los efectos beneficiosos de la terapia con ozono en la proliferación celular y la cicatrización de tejidos blandos son importantes al tratar la necrosis ósea en pacientes que usan bifosfonatos (Vescovi & Nammour, 2010).

OZONO EN PROSTODONCIA

Las prótesis dentales son propensas a acumular placa microbiana, en particular *Candida albicans*, y esto puede causar estomatitis protésica. Para prevenirlo, se ha demostrado que el ozono es efectivo como agente desinfectante en la limpieza de las prótesis dentales (Alpan et al., 2018).

El trastorno temporomandibular comprende diversas afecciones de la articulación temporomandibular y los músculos masticatorios, a menudo tratadas de manera conservadora. La aplicación de ozono incrementa la oxigenación de los tejidos musculares y cartilagosos, ejerciendo un efecto antiinflamatorio. Esto se presenta como una alternativa terapéutica no invasiva que alivia el dolor y mejora la movilidad bucal tras tratamientos regulares (Celakil et al., 2017).

OZONO EN ENDODONCIA

El ozono se utiliza extensamente en la terapia de conducto radicular gracias a su potente acción antimicrobiana y su seguridad para las células. La mayor parte de los estudios en el campo de la endodoncia se enfocan en la capacidad del ozono para combatir

microorganismos, ya sea en forma de gas, agua ozonizada o aceite ozonizado, y se destaca como un agente antibacteriano poderoso (Alpan et al., 2018).

El ozono en forma de agua y aceites ozonizados puede reducir microorganismos en conductos necróticos, promoviendo la cicatrización y regeneración ósea. Cuando se aplica junto con sonificación, el ozono es más efectivo que el hipoclorito de sodio al 2.5% en la desinfección de conductos radiculares (Good et al., 2012).

OZONO EN ORTODONCIA

En ortodoncia en las primeras 4 semanas de tratamiento, se han registrado lesiones de manchas blancas. Estas lesiones suelen comenzar en la unión entre el soporte ortodóntico y el diente y pueden extenderse debajo de la zona del soporte. Se conoce sobre la reducción de la desmineralización del esmalte dental adherido al soporte ortodóntico mediante el uso de aceite de oliva ozonizado, al aplicarlo se manifiesta menos áreas de descalcificación durante el tratamiento ortodóntico (Ghobashy & El-Tokhey, 2012).

El ozono, debido a su fuerte capacidad oxidante, podría generar una adhesión deficiente entre el diente y la resina debido a la influencia negativa de la inhibición del oxígeno en el proceso de polimerización (Cehreli et al., 2010).

ADHESIÓN:

El uso cada vez más común de materiales adhesivos está transformando la odontología restauradora y preventiva en diversos aspectos. Con estos materiales, las prácticas relacionadas con la preparación de cavidades están evolucionando, ya que ya no es necesario modificar la cavidad para lograr retención mecánica mediante elementos como ensambles, surcos o rebajes, lo que permite conservar una mayor cantidad de tejido dental sano que de otro modo sería removido (Vaidyanathan & Vaidyanathan, 2009).

Además, se ha observado que la microfiliación, un problema dental relevante que a menudo conduce a caries secundarias, puede disminuir o incluso eliminarse mediante

estos adhesivos. Por lo tanto, los adhesivos desempeñan un papel fundamental en el éxito de los materiales restauradores estéticos en la odontología contemporánea (Sofan et al., 2017).

Los adhesivos están hechos de monómeros con grupos hidrofílicos e hidrofóbicos que mejoran la adhesión a los tejidos dentales y permiten la unión con los materiales restauradores. Además, estos adhesivos también contienen iniciadores de curado, inhibidores o estabilizadores, solventes y, en ocasiones, rellenos inorgánicos en su composición química (Van Landuyt et al., 2007).

Para comprender cómo influyen en las uniones adhesivas, es fundamental examinar la composición y estructura de los dos principales tejidos dentales, el esmalte y la dentina. El esmalte se caracteriza por su estructura cristalina sólida de hidroxiapatita, con fuertes fuerzas intermoleculares y una superficie de alta energía, además de contener agua y material orgánico (Sofan et al., 2017).

La dentina, por otro lado, se presenta como un compuesto biológico que rodea el colágeno, siendo intrínsecamente húmeda y menos dura que el esmalte, con fuerzas intermoleculares más débiles y superficies de baja energía. (Sofan et al., 2017)

La dentina se diferencia del esmalte por la presencia de una capa de esmalte, contenido orgánico y la existencia de fluido en los túbulos dentinarios. Además, la densidad de estos túbulos varía con la profundidad de la dentina y, al igual que el contenido de agua, es menor en la dentina superficial y mayor en la dentina profunda (Susin et al., 2007).

En la dentina superficial, que presenta menos túbulos, la permeación de la resina en la dentina intertubular es la principal responsable de la fuerza de adhesión. Por otro lado, en la dentina profunda, donde los túbulos son más abundantes, es la permeabilidad intratubular de las resinas lo que genera una mayor fuerza de adhesión (Susin et al., 2007).

La dentina, a medida que envejece, experimenta cambios en su grosor y permeabilidad, mientras que la dentina esclerótica y cariada se vuelve más mineralizada y menos permeable. En contraste, el esmalte se puede secar fácilmente, lo que diferencia el proceso de unión con respecto a la dentina (Perdigão, 2010).

HISTORIA

El Dr. Hagger, un químico suizo, desempeñó un papel fundamental en el inicio de la historia de los adhesivos dentales en 1949. En ese año, presentó la patente del primer adhesivo dental, que en ese momento se centraba en la unión a la dentina y no al esmalte dental, se utilizaba en combinación con una resina de curado químico y contenía un compuesto adhesivo llamado ácido glicerosfosfórico dimetacrilato. La polimerización de este adhesivo se lograba mediante un iniciador de ácido sulfinico (Söderholm, 2007).

Este enfoque se basaba en monómeros ácidos capaces de grabar y establecer interacciones moleculares con las superficies dentales para formar uniones físicas y químicas entre la restauración y el diente. Esta idea dio lugar al desarrollo de diferentes generaciones de adhesivos dentales, marcando un hito al brindar una interfaz similar a lo que hoy se conoce como la capa híbrida (Sofan et al., 2017).

En 1952, Mclean y Kramer sugirieron que el material establecía una unión química con la estructura dental, marcando el inicio de la comprensión de cómo los monómeros ácidos podían afectar la dentina y anticipando el concepto de capa híbrida (Jw, 1952).

En 1954, Buonocore llevó a cabo exitosamente sus primeros ensayos sobre adherencia al esmalte mediante la grabación ácida y se enfocó en modificar la superficie del esmalte para lograr una unión con el material de relleno y en 1955 describió el empleo de ácido fosfórico al 85% para alterar la superficie del esmalte, lo que podría proporcionar una superficie idónea para la unión con la resina y mejorar la retención de la resina acrílica en las fosas y fisuras (Buonocore, 1955).

El mecanismo de mejora en la adhesión mediante el grabado ácido no se reveló hasta 1968, cuando se descubrió que los efectos del acondicionamiento con ácido fosfórico generaban "etiquetas en forma de prismas" de materiales de resina que penetraban las superficies del esmalte. Estas etiquetas de resina no eran visibles en el esmalte no acondicionado. Este estudio pionero inauguró la era de la Odontología Mínimamente Invasiva (Sezinando, 2014).

La introducción de materiales compuestos con menor encogimiento durante la polimerización abrió el camino hacia la "Odontología Adhesiva". Se sugirió que las etiquetas de resina que llenaban los defectos causados por el agente grabador eran responsables de la adhesión al esmalte, y hacia finales de la década de 1960, también planteó la posibilidad de la unión a la dentina (Swift et al., 1995).

Durante la década de 1970, se introdujo por primera vez la noción de la capa de residuos que obstaculizaba la adhesión a la dentina, identificada mediante el uso del microscopio electrónico de barrido (SEM) (Eick et al., 1970).

En 1982, Nakabayashi fue el pionero en demostrar la formación de la "capa híbrida". Además, demostró la capacidad de la resina para infiltrarse en la dentina tratada con ácido, creando una nueva estructura compuesta por una matriz de resina fortalecida por fibras de colágeno. En ese momento, la capa híbrida se consideraba el mecanismo principal de unión de los agentes adhesivos (Inokoshi, 1990).

La llegada del sistema adhesivo de tres pasos con grabado total en los noventa marcó un punto de inflexión en la odontología adhesiva. Sin embargo, a finales de los años noventa se introdujeron al mercado sistemas adhesivos de grabado total de dos pasos y adhesivos auto condicionantes de dos pasos (Sofan et al., 2017).

A medida que los adhesivos simples originales evolucionaron hacia sistemas de múltiples pasos, el enfoque actual se orienta hacia simplificar el procedimiento de

aplicación para reducir la sensibilidad a la técnica y el tiempo de manipulación (Sofan et al., 2017).

APLICACIÓN CLÍNICA

El éxito clínico de una restauración dental depende en gran medida del sellado proporcionado por el material restaurador en los bordes de la cavidad preparada. En el caso de restauraciones que utilizan resinas compuestas y sistemas adhesivos, la capacidad del material para resistir las fuerzas mecánicas inmediatas y a largo plazo causadas por las funciones normales del sistema estomatognático también es importante (Pashley et al., 1999).

Por lo tanto, es fundamental investigar el comportamiento físico-mecánico de las interfaces establecidas por los sistemas adhesivos y el sustrato dental, ya que esto influye en el pronóstico de la restauración dental (Pashley et al., 1999).

Dado el gran número de materiales disponibles en el mercado y la rapidez con la que se lanzan y se retiran, es difícil evaluar adecuadamente su rendimiento. La mayoría de los estudios utilizan pruebas de cizallamiento y tracción para evaluar la resistencia adhesiva tanto a la dentina como al esmalte. La utilización de sistemas adhesivos actuales junto con técnicas adecuadas puede mejorar significativamente la calidad de la restauración (Carrilho et al., 2002).

Se podría llegar a la conclusión de que se habían creado materiales que generaban una adhesión igual o superior a la resistencia cohesiva de la dentina debido a la aparición de fracturas cohesivas (Sudsangiam & van Noort, 1999).

Sin embargo, algunos centros de investigación sostienen que el incremento en el número de fracturas cohesivas se debe a una distribución desigual de tensiones durante las pruebas mecánicas, a pesar del aumento en el valor nominal de la resistencia adhesiva logrado con los nuevos sistemas adhesivos (Sudsangiam & van Noort, 1999).

Se puede mejorar la distribución de tensiones en la interfaz al reducir el área adhesiva a valores menores que los utilizados en las pruebas mecánicas convencionales. El uso de áreas que oscilan alrededor de 0,8-1 mm² en la prueba de microtracción permite obtener fallas casi exclusivamente adhesivas y, por lo tanto, analizar la verdadera resistencia de unión entre el material y la estructura dental (Carrilho et al., 2002).

Hay dos causas conocidas de la alteración en la adhesión después del blanqueamiento dental: estructural y residual. La causa estructural se produce debido a la pérdida y erosión de la capa aprismática del esmalte, lo que resulta en una disminución de los niveles de calcio y fósforo. Sin embargo, este daño se repara después de un período de 90 días (Nima et al., 2005).

La causa residual se debe a la retención de oxígeno y sustancias relacionadas con el blanqueador en el esmalte, que ocurre como resultado de la aplicación de peróxido de hidrógeno. Esto provoca una disminución en la calidad de la adhesión con el tiempo. Este fenómeno afecta la adhesión de las resinas compuestas al esmalte, ya que el oxígeno residual inhibe la polimerización de los materiales de resina (Nima et al., 2005).

Hallazgos realizados sugieren que el blanqueamiento dental puede tener efectos perjudiciales en la interfaz entre el diente y la restauración. Como resultado, se recomienda que las restauraciones estéticas se realicen dos días después de finalizar el tratamiento de blanqueamiento para minimizar los efectos del agente blanqueador en las propiedades adhesivas de la restauración (Lozada et al., 2000).

Se recomienda que la realización de restauraciones estéticas se lleve a cabo después de una semana de finalizado el proceso de blanqueamiento dental, ya que se ha demostrado que este puede tener efectos negativos sobre la unión entre la restauración y el diente, disminuyendo sus propiedades adhesivas (Petkova, 2005).

Los productos blanqueadores pueden interferir con la capacidad de las resinas compuestas para adherirse a la estructura dental, debido a la interacción con los radicales libres de oxígeno residual que permanecen en los tejidos durante unas pocas semanas después del tratamiento. Se estudia diversas estrategias para inactivar los radicales libres de oxígeno residual y revertir los efectos no deseados en la estructura dental y la adhesión (Álvarez et al., 2014).

Se ha propuesto esperar un tiempo adecuado después del tratamiento de blanqueamiento dental o utilizar sustancias antioxidantes como la catalasa y el ascorbato sódico, con el fin de eliminar el peróxido residual de la estructura dental y permitir la realización de restauraciones adhesivas inmediatamente después del proceso de blanqueamiento (Álvarez et al., 2014).

Esto también protege la estructura del esmalte de los posibles efectos negativos del peróxido residual de los agentes blanqueadores (Álvarez et al., 2014).

Se han llevado a cabo diversas investigaciones clínicas centradas en los modernos sistemas de adhesión dental, que abarcan desde el enfoque tradicional de grabado total hasta la novedosa auto condición y autoadhesión en sistemas "todo en uno" (Swift et al., 2001).

La gran mayoría de estos estudios ha presentado pruebas concluyentes de que los adhesivos que emplean la técnica de grabado total y la de auto acondicionamiento han logrado tasas de retención superiores en restauraciones para lesiones de clase V y lesiones cervicales no cariosas en comparación con las generaciones anteriores de sistemas adhesivos (L.S. Türkün, 2005).

Es relevante destacar que en ninguno de estos estudios se han incorporado elementos de retención mecánica en las preparaciones de las cavidades, lo que subraya cómo los

avances en la unión a la dentina han impulsado los principios de la odontología conservadora, estética y adhesiva (Tyas & Burrow, 2002).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Por la intervención será experimental debido a que la variable independiente (agente clareador) será manipulada por el investigador.

Prospectivo debido a que los datos se van a registrar conforme la ocurrencia de los hechos, luego de la aplicación de la variable independiente.

Es longitudinal por que los efectos serán evaluados en cuatro momentos diferentes.

3.2 Población y muestra

La población está compuesta por dientes bovinos.

Para el tamaño de muestra se utilizará la fórmula para comparación de medias.

$$n = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * (S)^2}{(d)^2}$$

Donde:

n = elementos necesarios en cada muestra

$Z_{\alpha} = 1.96$

$Z_{\beta} = 0.8$

$S = 4.6$

$d = 1.7$

De la fórmula obtenemos una muestra de 25 dientes bovinos por cada grupo.

Técnica de Muestreo: Aleatorio simple sin reposición.

Criterios de inclusión y exclusión

_Criterios de inclusión:

Dientes bovinos extraídos en los últimos tres meses.

Dientes incisivos antero inferiores.

_Criterios de exclusión:

Dientes bovinos sin caries dental.

Dientes bovinos sin hipoplasia del esmalte.

Dientes bovinos sin fractura coronal

3.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Sistema de blanqueamiento dental	Técnica que preserva la estructura original, se utiliza para tratar cambios de color en los dientes que pueden ser causados por diversas causas.	—	Agente blanqueador	Nominal	Ozono (0.5 ppm)
					Peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio
					Peróxido de hidrógeno al 35% con calcio
Resistencia adhesiva	Capacidad de dos superficies de sustancias distintas o iguales para unirse al entrar en contacto debido a fuerzas intermoleculares.	Propiedades físicas	Máquina digital de ensayo universal (CMT-5L, serie 7419, LG, Corea)	Intervalo	Megapascales (MPa)

3.4 Instrumento

El instrumento de medición para la resistencia adhesiva fue la Máquina de Ensayo Mecánicos Vernier Digital (LG CMT-5L, MITUTOYO – 200 mm), aproximación 0.001N, 0,01 mm.

3.5 Procedimientos

_ Delimitación espacial y temporal

El estudio se realizó en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal y the High Technology Laboratory Certificate (ISO/IEC Standard: 17025), durante marzo a mayo del 2022.

Preparación de la muestra

Los dientes recién extraídos fueron almacenados en agua destilada refrigerada a 4°C con recambio cada 4 días, hasta 24 horas antes del experimento, ya que estas se sumergieron en saliva artificial a 37 °C por el tiempo restante hasta la aplicación del agente clareador. Los incisivos fueron cortados a nivel cervical de forma transversal con un disco de diamante Disco Flex Diamantado Dupla Face - 7020 (KG- Sorensen, Barueri Brasil), con agua destilada se lavó la cámara pulpar para luego llenarla con ionómero de vidrio (Fuji II® Ionómero de vidrio Universal Restorative, GC, Tokio, Japón) hasta cubrir la totalidad de la cámara pulpar. Luego, estos dientes fueron posicionados en un modelo (Dental Simulator Foshan Huiyigang Medical Equipment Co., Ltd. Guangdong, China), simulando una arcada maxilar, los cuales son fácilmente desmontables para el trabajo de investigación.

Por la parte vestibular de los dientes, se alisó el centro de la cara vestibular, usando Discos de pulido Sof-Lex 1/2" gruesos -1982C- (3M ESPE St. Paul, MN, USA), para lograr un área plana, sobre los cuales se colocó la resina compuesta Filtek Z350XT (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) luego de los clareamiento dentales. Posteriormente, se realizó un escaneo digital a la arcada donde se aplicó el clareamiento dental con ozono, y luego se confeccionó una férula digital con una impresora 3D con espacio vestibular de 5 mm por la parte frontal de los dientes para el paso del gas (ozono).

Todas las piezas dentales en sus respectivas arcadas fueron sometidas a una profilaxis dental usando piedra pómez y escobillas con baja velocidad, antes de la aplicación del agente blanqueador.

_ Clareamiento dental

Para el grupo A, que recibió el Peróxido de Hidrogeno al 35% Whiteness HP Maxx (FGM, Joinville, Brasil), se realizó según el protocolo del fabricante, es decir se aplicó desensibilizantes sobre el esmalte luego de la limpieza, KF 2% nitruro de potasio con fluoruro de sodio al 2% por 10 minutos, lavar y secar. Luego mezclar y aplicar el producto en la proporción indicada de fase peróxido (fase1) en proporción de 3 gotas vs 1 gota del espesante (fase 2), para los 20 dientes, total 18 gotas indica el fabricante del peróxido vs 6 gotas del espesante es suficiente. Luego se aplica y esparce con una capa lo más delgada posible. Al ser optativa, se decidió no aplicar el uso de luz. Se deja el gel por 15 minutos y remover con minibrush para evitar las burbujas. Luego del tiempo se retiró y duplicó la secuencia. Lavar y pulir con discos de fieltro Diamond de FGM y pasta de pulido Diamond Excel FGM.

Para el grupo B, que se usó el Peróxido de hidrogeno al 35% con desensibilizante (calcio). Whiteness HP Blue, (FGM, Joinville, Brasil). Se inició aplicando (según protocolos del fabricante), desensibilizantes KF 2% nitruro de potasio con fluoruro de sodio al 2% por 10 minutos, lavar y secar. Luego se mezcla el gel pasando los geles hacia ambas jeringas conectadas entre sí. Se pasan las fases por 4 veces por lado total 8 veces hasta conseguir la homogeneidad. Una jeringa de 1.2 g rinde para 20 dientes capas finas. Se deja por 40 minutos removiendo si hay burbujas. Luego lavar y pulir con discos de fieltro Diamond de FGM y pasta de pulido Diamond Excel FGM.

Para el grupo C, que se usó ozono, se confeccionó una férula digital de gran sellado, (sobre la maqueta con los dientes bovinos posicionados), que permitió el paso del gas de ozono, que corrió por las mangueras alimentadoras y se conectó desde el generador de ozono (0.5 ppm), el que recibió oxígeno medicinal a razón de 1.5 a 2 litros por minuto enviando el ozono, a través de dos entradas por la parte anterior y con dos salidas por la parte posterior, de la férula. Los conectores posteriores se conectaron al succionador del equipo dental, por donde el ozono corrió a través de la presión negativa, cerrando el circuito del gas. Se aplicó por 30 minutos.

Luego de cada aplicación de blanqueadores y gas, las piezas fueron lavadas con abundante agua destilada para eliminar restos del blanqueador antes de ser almacenadas nuevamente en saliva, que se renovó cada tres días a 37°C.

_ Paso de adhesión

Las piezas fueron fijadas en pequeños bloques de acrílico de 15x15mm.; las cuales se realizó una limpieza del esmalte con pasta de piedra pómez, antes del grabado con ácido fosfórico al 37% (Total Etch - Scotchbond™ Merchant to enamel) por 15 segundos para luego lavar con agua por 10 segundos. Se colocó con microbrush, (Young Innovations, Inc. IL EEUU) una capa fina de Adhesivo 3M™ Adper™ Single Bond Plus (3M ESPE St. Paul, MN, USA), acto seguido se aplicó una suave presión de aire por 3 segundos y luego se fotopolimerizó por 10 segundos con una lámpara LED de 3ra generación (Valo, Ultradent, USA). Posteriormente se aplicó bloques de la resina Filtek Bulk Fill, - (3M ESPE St. Paul, MN, USA), en una sola capa utilizando una matriz de 8 mm de largo x 8 mm de ancho x 4mm de espesor y fotopolimerizó con la misma lámpara LED a una intensidad de 1200 mW/cm² por 20 segundos.

_ Manejo de los especímenes

Las resinas adheridas al esmalte dental se cortaron con la máquina de corte Isomed (Buehler Ltd., Lake Bluff, IL), se seccionaron con cortes horizontales y verticales utilizando un disco de corte diamantado de baja velocidad enfriado por agua y se cambió de disco cada 5 cortes. Las dimensiones de las microbarras fueron 1 mm × 1 mm × 8 mm. Las medidas se realizaron con un vernier digital (Mitutoyo®, Japón).

_ Prueba

Una vez obtenidos los especímenes, estos fueron almacenados por 24 horas en agua destilada.

De cada grupo (A, B, C) se seleccionaron subgrupos que fueron expuestos a la prueba de resistencia de unión a las 24 horas, 7 días, 14 días, y 21 días.

Dichas pruebas, se realizarán con una máquina digital de ensayo universal (CMT-5L, serie 7419, LG, Corea) con un software digital (SmartTest) a una velocidad de cruceta de 0.5 mm/min. Los valores de resistencia de unión obtenidos tras la prueba se analizarán en Megapascuales (MPa) (Fuerza [KG]/Área [CM²]).

3.6 Análisis de datos

La data recolectada fue anotada en una ficha de Microsoft Excel 2019® y posteriormente serán analizados por el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences Inc. IBM, NY, USA) versión 24.0. Para el análisis descriptivo se utilizó medidas de tendencia central y medidas de dispersión. Para el análisis comparativo previamente se realizará pruebas de ANOVA y la prueba post hoc de Tukey para evaluar la diferencia entre los grupos.

3.7 Consideraciones éticas

Este estudio se llevará a cabo cumpliendo las normas internacionales y nacionales establecidas para la investigación en seres humanos, así como las regulaciones actuales

en materia de bioseguridad. Se seguirá un enfoque metodológico y se emplearán las técnicas más apropiadas que se ajusten a las circunstancias particulares del estudio.

IV. RESULTADOS

Tabla 1

Estadísticos descriptivos de la resistencia adhesiva del esmalte según agentes blanqueadores

	24 horas		7 días		14 días		21 días	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio	5.58	1.32	6.88	1.87	10.32	3.55	11.29	3.60
Peróxido de hidrógeno al 35% con calcio	7.32	2.09	8.68	2.26	9.21	2.18	11.50	2.27
Ozono	6.80	2.00	8.39	1.45	9.03	2.29	10.23	2.83

Nota: elaboración propia

La tabla 1 muestra que respecto al peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio la menor medida está presente a las 24 horas (5.58 ± 1.32) y la mayor medida la encontramos a los 21 días (11.29 ± 3.60); referido al peróxido de hidrogeno al 35% con calcio la menor medida la observamos a las 24 horas (7.32 ± 2.09) mientras que la mayor medida está presente a los 21 días (11.50 ± 2.27); por último respecto al ozono la menor medida la encontramos a las 24 horas (6.80 ± 2) y la mayor medida se manifiesta a los 21 días (10.23 ± 2.83).

Tabla 2*Comparación de la resistencia adhesiva según el tiempo para cada agente blanqueador*

	24 horas		7 días		14 días		21 días	
	Test estadístico	ρ valor	Test estadístico	ρ valor	Test estadístico	ρ valor	Test estadístico	ρ valor
Peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio	F = 5.87	0.0044	F = 6.46	0.0026	F = 1.61	0.2061	F = 1.32	0.2744
Peróxido de hidrógeno al 35% con calcio								
Ozono								
Post-hoc: Test de Bonferroni								
HPsC/HPcC	1.7348	0.004	1.7916	0.004	-	-	-	-
HPsC/Ozono	-	-	1.5104	0.019	-	-	-	-
HPcC/Ozono	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: elaboración propia

La tabla 2 muestra que a las 24 horas existe diferencias significativas entre los grupos ($\rho = 0.0044$) estando esta entre los grupos de peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio y peróxido de hidrogeno al 35% con calcio ($\rho = 0.004$); a los 7 días existe diferencias significativas entre los grupos ($\rho = 0.0026$) manifestando esta diferencia entre los grupos peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio y peróxido de hidrogeno al 35% con calcio ($\rho = 0.004$) y peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio y ozono ($\rho = 0.019$); a los 14 días ($\rho = 0.2061$) y a los 21 días ($\rho = 0.2744$) no existen diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 3

Comparación de la resistencia adhesiva según agente blanqueador a través del tiempo.

	Peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio		Peróxido de hidrógeno al 35% con calcio		Ozono	
	Test estadístico	ρ valor	Test estadístico	ρ valor	Test estadístico	ρ valor
24 horas						
7 días	F = 21.70	0.0000	F = 14.97	0.0000	F = 11.70	0.000
14 días						
21 días						
Post-hoc: Test de Bonferroni						
24 horas/7 días	1.302	0.036	-	-	1.594	0.018
24 horas/14 días	4.739	0.000	-	-	2.232	0.002
24 horas/21 días	5.706	0.000	4.179	0.000	3.432	0.000
7 días/14 días	3.437	0.002	-	-	-	-
7 días/ 21 días	4.404	0.000	2.820	0.002	-	-
14 días/21 días	-	-	2.284	0.008	-	-

Nota: elaboración propia

La tabla 3 muestra que referido a cada grupo de agente blanqueador a través de los 4 momentos (24 horas, 7 días, 14 días y 21 días) existen diferencias estadísticamente significativas ($\rho = 0.0000$). Respecto al grupo de peróxido de hidrógeno al 35% sin calcio encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las 24 horas y 7 días ($\rho = 0.036$), las 24 horas y 14 días ($\rho = 0.000$), las 24 horas y 21 días ($\rho = 0.000$), los 7 días y 14 días ($\rho = 0.002$) y los 7 días y 21 días ($\rho = 0.000$). Referido al grupo de peróxido de hidrogeno al 35% con calcio encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las 24 horas y 21 días ($\rho = 0.000$), los 7 días y 21 días ($\rho = 0.002$) y los 14 días y 21 días ($\rho = 0.008$). Finalmente, respecto al grupo ozono encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las 24 horas y 7 días ($\rho = 0.018$), las 24 horas y 14 días ($\rho = 0.002$), las 24 horas y 21 días ($\rho = 0.000$).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio. Este estudio se fundamenta en que el impacto del blanqueamiento dental en la superficie del diente es un indicador clave para evaluar la resistencia adhesiva al esmalte. Si el esmalte muestra una disminución significativa en su resistencia adhesiva después del blanqueamiento, puede indicar que los cambios químicos inducidos por el procedimiento podrían afectar la durabilidad de los resultados obtenidos.

De los resultados obtenidos en el estudio se demostró que según el agente blanqueador existe diferencias entre los grupos a las 24 horas y 7 días y referido a la resistencia adhesiva a través del tiempo existen diferencias en los 4 momentos (24 horas, 7 días, 14 días y 21 días).

Del presente estudio se evidencia que la media más alta la tiene el peróxido de hidrogeno al 35% con calcio a los 21 días con 11.50 MPa; esto no coincide con lo encontrado por Santos et al. (2019) quien manifestó que a los 28 días la media del grupo peróxido de hidrogeno con calcio era de 9.22 MPa.

Del estudio se encontró que existen diferencias entre los grupos de agentes blanqueadores a las 24 horas y a los 7 días; esto no coincide con lo hallado por Yanık et al. (2023) quien evidencia que el ozono no tuvo un efecto negativo en la resistencia de unión y también no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los intervalos de tiempo. Tampoco coincide con lo encontrado por Marski et al. (2022) quien menciona que el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno con calcio, con procedimientos restaurativos 24 horas o 7 días después del blanqueamiento no encontró diferencias en la resistencia de adhesión entre los grupos, mostrándose valores de resistencia de adhesión

similares. Otro resultado contradictorio se da con la investigación realizada por Alaghehmand et al. (2019) quien no mostró diferencias en el efecto en la fuerza de adhesión de los subgrupos de esmalte comparando el grupo no blanqueado con el que se le realizó blanqueamiento con peróxido de hidrógeno. También concuerda con lo hallado por Çelik et al. (2020), quien demostró que el blanqueamiento con ozono no afectó la resistencia de unión, y con lo hallado por Dinc Ata & Mujdeci (2023), quien encontró que la resistencia de unión del grupo de control fue similar a la del grupo que recibió ozono durante 20 segundos, encontrándose fallas del tipo adhesivas en los grupos, observando también que las aplicaciones de ozono no cambiaron la morfología del esmalte.

Los resultados de nuestra investigación coinciden con lo encontrado por Cheng et al. (2019) quien evidenció que en comparación con el grupo control sin tratamiento de blanqueamiento, el grupo con blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40 presentó un porcentaje más alto de falla adhesiva.

Del estudio se encontró que referido a cada grupo de agente blanqueador a las 24 horas, 7 días, 14 días y 21 días existen diferencias significativas entre los grupos; esto coincide por lo hallado por Baia et al. (2020), quien menciona que todos los grupos experimentales fueron estadísticamente diferentes, excepto a los 14 días de blanqueamiento (almacenamiento en saliva artificial durante 7 días antes de la prueba de resistencia adhesiva) y se encontraron diferencias estadísticas entre los 14 días de blanqueamiento (almacenamiento en saliva artificial durante 24 horas y 7 días antes de la prueba de resistencia adhesiva). No hubo diferencias significativas entre los 21 días de blanqueamiento y entre los 28 días de blanqueamiento independientemente de los tiempos de almacenamiento en saliva artificial. Se demostró que el blanqueamiento prolongado con peróxido de hidrógeno disminuyó la resistencia de adhesión independientemente del momento del blanqueamiento. También nuestro estudio coincide

con lo encontrado por Santos et al. (2019), quien demuestra que no se encontró diferencias entre los períodos de almacenamiento 24 horas y 7 días del blanqueamiento con peróxido de hidrógeno con calcio a los 14 días, pero si se encontró diferencias entre los períodos de almacenamiento 24 horas y 7 días del blanqueamiento con peróxido de hidrógeno con calcio a los 28 días, demostrando que el tiempo prolongado de blanqueamiento disminuye la fuerza de adhesión independientemente del tiempo de almacenamiento en saliva artificial.

VI. CONCLUSIONES

- Existen diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio
- Existen diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a las veinticuatro horas.
- Existen diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los siete días.
- Existen diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los catorce días.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugere realizar un estudio histológico de comparación del esmalte entre los 3 tipos de clareadores para identificar las alteraciones estructurales que se presentan.
- Se requiere evaluar la influencia del agente clareador en un período de tiempo largo para determinar posibles implicancias a futuro.
- Se sugere diseñar estudios que determinen posibles factores influyentes que repercuten en los cambios en la adherencia del esmalte.

VIII. REFERENCIAS

- Acuña Navarro, E. D., Vilchez Fuentes Rivera, K., Delgado-Cotrino, L., & Tay Chu Jon, L. Y. (2015). Resolviendo mitos sobre indicaciones al paciente durante el blanqueamiento dental. *Revista Estomatológica Herediana*, 25(3), 232-237.
- Ahmedi, J., Ahmedi, E., Sejfiya, O., Agani, Z., & Hamiti, V. (2016). Efficiency of gaseous ozone in reducing the development of dry socket following surgical third molar extraction. *European Journal of Dentistry*, 10(3), 381-385.
<https://doi.org/10.4103/1305-7456.184168>
- Ahrari, F., Akbari, M., Mohammadipour, H. S., Fallahrastegar, A., & Sekandari, S. (2020). The efficacy and complications of several bleaching techniques in patients after fixed orthodontic therapy. A randomized clinical trial. *Swiss Dental Journal*, 130(6), 493-501.
- Alaghehmand, H., Rohaninasab, M., & Bijani, A. (2019). The effect of office bleaching on the color and bond strength of resin restorations. *Dental Research Journal*, 16(1), 47-52.
- Al-Omiri, M. K., Abul Hassan, R. S., AlZarea, B. K., & Lynch, E. (2016). Improved tooth bleaching combining ozone and hydrogen peroxide—A blinded study. *Journal of Dentistry*, 46, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.01.010>
- Alpan, A. L., Bakar, O., Alpan, A. L., & Bakar, O. (2018). Ozone in Dentistry. En *Ozone in Nature and Practice*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75829>
- Alqahtani, M. Q. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 26(2), 33-46.
<https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.02.002>

- Altman, L. C., Baker, C., Fleckman, P., Luchtel, D., & Oda, D. (1992). Neutrophil-mediated damage to human gingival epithelial cells. *Journal of Periodontal Research*, 27(1), 70-79. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1992.tb02088.x>
- Álvarez, N. M. del R., Mandri, M. N., Gallego, M. C., & Zamudio, M. E. (2014). Efecto del blanqueamiento dentario sobre la adhesión a esmalte. *Revista de la Facultad de Odontología*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.30972/rfo.711636>
- Baia, J. C. P., Oliveira, R. P., Ribeiro, M. E. S., Lima, R. R., Loretto, S. C., & Silva E Souza Junior, M. H. (2020). Influence of Prolonged Dental Bleaching on the Adhesive Bond Strength to Enamel Surfaces. *International Journal of Dentistry*, 2020, 2609359. <https://doi.org/10.1155/2020/2609359>
- Baldión Elorza, P. A. (2013). Influencia del tiempo posblanqueamiento sobre la adhesión de una resina compuesta al esmalte dental. *Rev. Fac. Odontol. Univ. Antioq*, 92-116.
- Barghi, N. (1998). Making a clinical decision for vital tooth bleaching: At-home or in-office? *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 19(8), 831-838; quiz 840.
- Barghi, N., & Morgan, J. (1997). Bleaching following porcelain veneers: Clinical cases. *American Journal of Dentistry*, 10(5), 254-256.
- Berga Caballero, A., Forner Navarro, L., & Amengual Lorenzo, J. (2006). Blanqueamiento vital domiciliario: Comparación de tratamientos con peróxido de hidrógeno y peróxido de carbamida. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Internet)*, 11(1), 94-99.
- Bhateja, S. (2012). The miraculous healing therapy – “Ozone therapy” in dentistry. *Indian Journal of Dentistry*, 3(3), 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.ijd.2012.04.004>

- Bocci, V. A. (2006). Scientific and medical aspects of ozone therapy. State of the art. *Archives of Medical Research*, 37(4), 425-435.
<https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.08.006>
- Broome, J. C. (1998). At-home use of 35% carbamide peroxide bleaching gel: A case report. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 19(8), 824-829.
- Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849-853.
<https://doi.org/10.1177/00220345550340060801>
- Camargo, M. G. A. de, Natera, A., Rodriguez, M., Pimentel, E., & Tortolero, M. B. (2021). Blanqueamiento dental en niños y adolescentes ¿El epílogo de un mito? Revisión de la Literatura. *Revista de Odontopediatría Latinoamericana*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.47990/alop.v11i2.261>
- Carrilho, M. R. de O., Reis, A., Loguercio, A. D., & Rodrigues Filho, L. E. (2002). Resistência de união à dentina de quatro sistemas adesivos. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 16, 251-256. <https://doi.org/10.1590/S1517-74912002000300012>
- Cehreli, S. B., Guzey, A., Arhun, N., Cetinsahin, A., & Unver, B. (2010). The Effects of Prophylactic Ozone Pretreatment of Enamel on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded with Total or Self-Etch Adhesive Systems. *European Journal of Dentistry*, 4(4), 367-373.
- Celakil, T., Muric, A., Gokcen Roehlig, B., Evlioglu, G., & Keskin, H. (2017). Effect of high-frequency bio-oxidative ozone therapy for masticatory muscle pain: A double-blind randomised clinical trial. *Journal of Oral Rehabilitation*, 44(6), 442-451. <https://doi.org/10.1111/joor.12506>

- Çelik, N., Yapar, M. I., Karalar, B., & Kılıç, M. (2020). Influence of Laser and Ozone Pretreatment on the Shear Bond Strength of Fissure Sealants: An In Vitro Comparative Study. *Journal of Advanced Oral Research*, *11*(2), 189-195. Scopus. <https://doi.org/10.1177/2320206820944285>
- Cessa, E. S. (2018). Aclaramiento dental: Revisión de la literatura y presentación de un caso clínico. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, *75*(1), 9-25.
- Cheng, Y., Musonda, J., Cheng, H., Attin, T., Zheng, M., & Yu, H. (2019). Effect of surface removal following bleaching on the bond strength of enamel. *BMC Oral Health*, *19*, 50. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0742-4>
- Dahl, J. E., & Pallesen, U. (2003). Tooth bleaching—A critical review of the biological aspects. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine: An Official Publication of the American Association of Oral Biologists*, *14*(4), 292-304. <https://doi.org/10.1177/154411130301400406>
- de Geus, J. L., Wambier, L. M., Boing, T. F., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2018). At-home Bleaching With 10% vs More Concentrated Carbamide Peroxide Gels: A Systematic Review and Meta-analysis. *Operative Dentistry*, *43*(4), E210-E222. <https://doi.org/10.2341/17-222-L>
- Dinc Ata, G., & Mujdeci, A. (2023). Effect of Ozone on Bond Strength of Different Restorative Materials to Enamel and Dentin. *Ozone: Science and Engineering*, *45*(1), 89-101. Scopus. <https://doi.org/10.1080/01919512.2022.2115976>
- Dishman, M. V., Covey, D. A., & Baughan, L. W. (1994). The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, *10*(1), 33-36. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90019-1)

- Dudek, M., Roubickova, A., Comba, L., Housova, D., & Bradna, P. (2013). Effect of postoperative peroxide bleaching on the stability of composite to enamel and dentin bonds. *Operative Dentistry*, 38(4), 394-407. <https://doi.org/10.2341/11-429-L>
- Eick, J. D., Wilko, R. A., Anderson, C. H., & Sorensen, S. E. (1970). Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, 49(6), Suppl:1359-1368. <https://doi.org/10.1177/00220345700490063601>
- Eimar, H., Siciliano, R., Abdallah, M.-N., Nader, S. A., Amin, W. M., Martinez, P.-P., Celemin, A., Cerruti, M., & Tamimi, F. (2012). Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. *Journal of Dentistry*, 40 Suppl 2, e25-33. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.08.008>
- Elfallah, H. M., Bertassoni, L. E., Charadram, N., Rathsam, C., & Swain, M. V. (2015). Effect of tooth bleaching agents on protein content and mechanical properties of dental enamel. *Acta Biomaterialia*, 20, 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2015.03.035>
- Elhamid, M. A., & Mosallam, R. (2010). Effect of bleaching versus repolishing on colour and surface topography of stained resin composite: Bleaching versus repolishing. *Australian Dental Journal*, 55(4), 390-398. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01259.x>
- Elvis, A., & Ekta, J. (2011). Ozone therapy: A clinical review. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 2, 66-70. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.82319>

- Feinman, R. A., Madray, G., & Yarborough, D. (1991). Chemical, optical, and physiologic mechanisms of bleaching products: A review. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry: PPAD*, 3(2), 32-36.
- Freedman, G. A. (1990). Safety of tooth whitening. *Dentistry Today*, 9(3), 32-33.
- Ghanbarzadeh, M., Ahrari, F., Akbari, M., & Hamzei, H. (2015). Microhardness of demineralized enamel following home bleaching and laser-assisted in office bleaching. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7(3), e405-e409. <https://doi.org/10.4317/jced.51705>
- Ghobashy, S., & El-Tokhey, H. (2012). In vivo study of the effectiveness of ozonized olive oil gel on inhibiting enamel demineralization during orthodontic treatment. *Egyptian Orthodontic Journal*, 41(June 2012), 93-113. <https://doi.org/10.21608/eos.2012.78852>
- Giannini, M., Soares, C. J., & de Carvalho, R. M. (2004). Ultimate tensile strength of tooth structures. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 20(4), 322-329. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(03\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(03)00110-6)
- Goldstein, R., & Garber, D. (1995). *Complete Dental Bleaching* (Primera edición). Quintessence. <https://www.abebooks.com/first-edition/Complete-Dental-Bleaching-Goldstein-Ronald-David/800184792/bd>
- Good, M., El, K. I. A., & Hussey, D. L. (2012). Endodontic «solutions» part 1: A literature review on the use of endodontic lubricants, irrigants and medicaments. *Dental Update*, 39(4), 239-240, 242-244, 246. <https://doi.org/10.12968/denu.2012.39.4.239>
- Grundlingh, A. A., Grossman, E. S., & Witcomb, M. J. (2012). Tooth colour change with Ozicure Oxygen Activator: A comparative in vitro tooth bleaching study.

- SADJ: Journal of the South African Dental Association = Tydskrif van Die Suid-Afrikaanse Tandheelkundige Vereniging*, 67(7), 332-337.
- Gupta, G., & Mansi, B. (2012). Ozone therapy in periodontics. *Journal of Medicine and Life*, 5(1), 59-67.
- Hannig, C., Duong, S., Becker, K., Brunner, E., Kahler, E., & Attin, T. (2007). Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 23(2), 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.01.008>
- Haywood, V. B. (1991). Overview and status of mouthguard bleaching. *Journal of Esthetic Dentistry*, 3(5), 157-161. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1991.tb00991.x>
- Haywood, V. B. (2000). Current status of nightguard vital bleaching. *Compendium of Continuing Education in Dentistry. (Jamesburg, N.J.: 1995). Supplement*, 28, S10-17; quiz S48.
- Haywood, V. B., Leech, T., Heymann, H. O., Crumpler, D., & Bruggers, K. (1990). Nightguard vital bleaching: Effects on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 21(10), 801-804.
- Holmes, J. (2003). Clinical reversal of root caries using ozone, double-blind, randomised, controlled 18-month trial. *Gerodontology*, 20(2), 106-114. <https://doi.org/10.1111/j.1741-2358.2003.00106.x>
- Howard, W. R. (1992). Patient-applied tooth whiteners. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 123(2), 57-60. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1992.0055>
- Huth, K. C., Quirling, M., Lenzke, S., Paschos, E., Kamereck, K., Brand, K., Hickel, R., & Ilie, N. (2011). Effectiveness of ozone against periodontal pathogenic

microorganisms. *European Journal of Oral Sciences*, 119(3), 204-210.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2011.00825.x>

- Inokoshi, S. (1990). A study on the resin impregnated layer of dentine. Part-, A comparative study on the decalcified and undecalcified sections and the application of argon ion beam etching to disclose the resin-impregnated layer of dentine. *Jpn J Conserv Dent*, 33, 427-442.
- Jw, M. (1952). A clinical and pathological evaluation of a sulphinic acid activated resin for use in restorative dentistry. *Br Dent J*, 93, 255-269.
- Kashima-Tanaka, M., Tsujimoto, Y., Kawamoto, K., Senda, N., Ito, K., & Yamazaki, M. (2003). Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 29(2), 141-143. <https://doi.org/10.1097/00004770-200302000-00013>
- Kazancioglu, H. O., Kurklu, E., & Ezirganli, S. (2014). Effects of ozone therapy on pain, swelling, and trismus following third molar surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 43(5), 644-648. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2013.11.006>
- Kihn, P. W. (2007). Vital tooth whitening. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 319-331, viii. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2006.12.001>
- Kimyai, S., & Valizadeh, H. (2006). The effect of hydrogel and solution of sodium ascorbate on bond strength in bleached enamel. *Operative Dentistry*, 31(4), 496-499. <https://doi.org/10.2341/05-85>
- Kum, K.-Y., Lim, K.-R., Lee, C.-Y., Park, K.-H., Safavi, K. E., Fouad, A. F., & Spångberg, L. S. (2004). Effects of removing residual peroxide and other oxygen

- radicals on the shear bond strength and failure modes at resin-tooth interface after tooth bleaching. *American Journal of Dentistry*, 17(4), 267-270.
- Kumar, T., Arora, N., Puri, G., Aravinda, K., Dixit, A., & Jatti, D. (2016). Efficacy of ozonized olive oil in the management of oral lesions and conditions: A clinical trial. *Contemporary Clinical Dentistry*, 7(1), 51-54.
<https://doi.org/10.4103/0976-237X.177097>
- Leonard, R. H., Van Haywood, B., Caplan, D. J., & Tart, N. D. (2003). Nightguard vital bleaching of tetracycline-stained teeth: 90 months post treatment. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 15(3), 142-152; discussion 153.
<https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00184.x>
- Li, Y. (1997). Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide-containing agents. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 128 Suppl, 31S-36S.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1997.0420>
- Lozada, O., García, C., & Alfonso, I. (2000). Riesgos y beneficios del blanqueamiento Dental. *Acta Odontológica Venezolana*, 38(1), 14-17.
- Luna, A. J., Nascimento, C. a. O., & Chiavone-Filho, O. (2006). Photodecomposition of hydrogen peroxide in highly saline aqueous medium. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 23, 341-349. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322006000300007>
- Lynch, E., Sheerin, A., Samarawickrama, D. Y., Atherton, M. A., Claxson, A. W., Hawkes, J., Haycock, P., Naughton, D., Seymour, K. G., Burke, F. M., & Grootveld, M. C. (1995). Molecular mechanisms of the bleaching actions associated with commercially-available whitening oral health care products. *Journal of the Irish Dental Association*, 41(4), 94-102.

- Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: A fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 17(3), 144-154; discussion 155. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2005.tb00103.x>
- Marshall, M., Cancro, L., & Fischman, S. (1995). Hydrogen Peroxide: A Review of Its Use in Dentistry. *Journal of periodontology*, 66, 786-796.
<https://doi.org/10.1902/jop.1995.66.9.786>
- Marshall, M. V., Gragg, P. P., Packman, E. W., Wright, P. B., & Cancro, L. P. (2001). Hydrogen peroxide decomposition in the oral cavity. *American Journal of Dentistry*, 14(1), 39-45.
- Marski, S. R., Ramos da Silva, T. F., Andrade Balduino, M. L., de Lima, C. O., Simão, R. A., & Prado, M. (2022). Effects of Two In-Office Bleaching Agents with Different Compositions on the Bond Strength to Enamel. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 42(5), 675-681.
<https://doi.org/10.11607/prd.5943>
- Mello, H. S. (1967). The mechanism of tetracycline staining in primary and permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children*, 34(6), 478-487.
- Minoux, M., & Serfaty, R. (2008). Vital tooth bleaching: Biologic adverse effects-a review. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, 39(8), 645-659.
- Moradas Estrada, M. (2017). ¿Qué material y técnica seleccionamos a la hora de realizar un blanqueamiento dental y por qué?: Protocolo para evitar hipersensibilidad dental posterior. *Avances en Odontoestomatología*, 33(3), 103-112.
- Moreira, A., Dias, J., & Magallanes, J. (2022). Blanqueamiento dental con gas ozono. Caso clínico. Reporte de caso. *Ozone Therapy Global Journal*, 12(1), 123-136.

- Naik, S., Tredwin, C. J., & Scully, C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching): Review of safety in relation to possible carcinogenesis. *Oral Oncology*, 42(7), 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2005.10.020>
- Nakabayashi, N., Kojima, K., & Masuhara, E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research*, 16(3), 265-273. <https://doi.org/10.1002/jbm.820160307>
- Narciso, L. (2011). *Odontología Restauradora – Fundamentos y Técnicas*. SAN. <https://www.tecnimundilibro.com/producto/odontologia-restauradora-fundamentos-y-tecnicas/>
- Nathoo, S. A. (1997). The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 128 Suppl, 6S-10S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1997.0428>
- Nima B., G., Miranda Zárate, A., & Rojas, M. (2005). *Efecto de una Sola Aplicación de un Blanqueador de Peróxido de Hidrógeno al 35% sobre el Esmalte Dental en diferentes intervalos de tiempo*. 8, 11-15.
- Nogales, C. G., Ferrari, P. H., Kantorovich, E. O., & Lage-Marques, J. L. (2008). Ozone therapy in medicine and dentistry. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 9(4), 75-84.
- Ozdemir, H., Toker, H., Balci, H., & Ozer, H. (2013). Effect of ozone therapy on autogenous bone graft healing in calvarial defects: A histologic and histometric study in rats. *Journal of Periodontal Research*, 48(6), 722-726. <https://doi.org/10.1111/jre.12060>
- Pashley, D. H., Carvalho, R. M., Sano, H., Nakajima, M., Yoshiyama, M., Shono, Y., Fernandes, C. A., & Tay, F. (1999). The microtensile bond test: A review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 1(4), 299-309.

- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 26(2), e24-37. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.149>
- Perdigão, J., Franci, C., Swift, E. J., Ambrose, W. W., & Lopes, M. (1998). Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel. *American Journal of Dentistry*, 11(6), 291-301.
- Petkova, M. (2005). Efectos clínicos y estructurales del blanqueamiento dental. *Odontología Sanmarquina*, 8(2), 34-36.
- Pohjola, R. M., Browning, W. D., Hackman, S. T., Myers, M. L., & Downey, M. C. (2002). Sensitivity and tooth whitening agents. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 14(2), 85-91. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2002.tb00156.x>
- Reichl, F.-X. (2012). Toxicología del blanqueamiento dental. *Quintessence*, 25(8), 449-451. <https://doi.org/10.1016/j.quint.2012.09.002>
- Rodrigues, J. A., Oliveira, G. P. F., & Amaral, C. M. (2007). Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching. *Brazilian Oral Research*, 21(2), 170-175. <https://doi.org/10.1590/s1806-83242007000200013>
- Saini, R. (2011). Ozone therapy in dentistry: A strategic review. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*, 2(2), 151-153. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.92318>
- Santos, G. C., Baia, J. C., Ribeiro, M. E., Lima, R. R., E Sousa Júnior, M. H. S., & Loretto, S. C. (2019). Influence of Prolonged Bleaching with 4% Hydrogen Peroxide Containing Calcium and Different Storage Times on the Bond Strength to Enamel. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(2), 216-220.

- Santos, H. S. de B., Ribeiro, M. E. S., da-Silva, T. S. P., Lima, R. R., Loretto, S. C., Honorato da-Silva-e-Souza-Júnior, M., Santos, H. S. de B., Ribeiro, M. E. S., da-Silva, T. S. P., Lima, R. R., Loretto, S. C., & Honorato da-Silva-e-Souza-Júnior, M. (2021). Evaluación de la Masa de Esmalte Dental Expuesto a Protocolo de Blanqueamiento Dental Supervisado Prolongado con Gel Conteniendo Calcio. *International journal of odontostomatology*, *15*(2), 415-420. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2021000200415>
- Sasaki, R. T., Flório, F. M., & Basting, R. T. (2009). Effect of 10% sodium ascorbate and 10% alpha-tocopherol in different formulations on the shear bond strength of enamel and dentin submitted to a home-use bleaching treatment. *Operative Dentistry*, *34*(6), 746-752.
- Setien, V. J., Roshan, S., & Nelson, P. W. (2008). Clinical management of discolored teeth. *General Dentistry*, *56*(3), 294-300; quiz 301-304.
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive – A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, *55*(4), 194-206. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>
- Söderholm, K.-J. M. (2007). Dental adhesives.....How it all started and later evolved. *The Journal of Adhesive Dentistry*, *9 Suppl 2*, 227-230.
- Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., & Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: From the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia*, *8*(1), 1-17. <https://doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
- Stübinger, S., Sader, R., & Filippi, A. (2006). The use of ozone in dentistry and maxillofacial surgery: A review. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, *37*(5), 353-359.

- Sudsangiam, S., & van Noort, R. (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *The Journal of Adhesive Dentistry*, *1*(1), 57-67.
- Suleiman-Martos, N., Albendín-García, L., Gómez-Urquiza, J. L., Vargas-Román, K., Ramírez-Baena, L., Ortega-Campos, E., & De La Fuente-Solana, E. I. (2020). Prevalence and Predictors of Burnout in Midwives: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(2), 641. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020641>
- Sulieman, M. (2005). An overview of bleaching techniques: 3. In-surgery or power bleaching. *Dental Update*, *32*(2), 101-104, 107-108.
<https://doi.org/10.12968/denu.2005.32.2.101>
- Susin, A. H., Vasconcellos, W. A., Saad, J. R. C., & Oliveira Junior, O. B. de. (2007). Tensile bond strength of self-etching versus total-etching adhesive systems under different dentinal substrate conditions. *Brazilian Oral Research*, *21*(1), 81-86. <https://doi.org/10.1590/s1806-83242007000100014>
- Swift, E. J., Perdigão, J., & Heymann, H. O. (1995). Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence International (Berlin, Germany: 1985)*, *26*(2), 95-110.
- Swift, E. J., Perdigão, J., Wilder, A. D., Heymann, H. O., Sturdevant, J. R., & Bayne, S. C. (2001). Clinical evaluation of two one-bottle dentin adhesives at three years. *Journal of the American Dental Association (1939)*, *132*(8), 1117-1123.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2001.0337>
- Tessier, J., Rodriguez, P. N., Lifshitz, F., Friedman, S. M., & Lanata, E. J. (2010). The use of ozone to lighten teeth. An experimental study. *Acta Odontologica Latinoamericana: AOL*, *23*(2), 84-89.

- Thaman, D., & Sood, P. (2012). *Ozone Therapy in Conservative Dentistry and Endodontics: An Overview*. 3(3), 165-169.
- Tiwari, S., Avinash, A., Katiyar, S., Aarthi Iyer, A., & Jain, S. (2017). Dental applications of ozone therapy: A review of literature. *The Saudi Journal for Dental Research*, 8(1), 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.sjdr.2016.06.005>
- Türkün, L. S. (2005). The clinical performance of one- and two-step self-etching adhesive systems at one year. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 136(5), 656-664.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0239>
- Türkün, M., Celik, E. U., Kaya, A. D., & Arici, M. (2009). Can the hydrogel form of sodium ascorbate be used to reverse compromised bond strength after bleaching? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 11(1), 35-40.
- Türkün, M., & Kaya, A. D. (2004). Effect of 10% sodium ascorbate on the shear bond strength of composite resin to bleached bovine enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(12), 1184-1191. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01369.x>
- Tyas, M. J., & Burrow, M. F. (2002). Three-year clinical evaluation of One-Step in non-carious cervical lesions. *American Journal of Dentistry*, 15(5), 309-311.
- Vaidyanathan, T. K., & Vaidyanathan, J. (2009). Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials*, 88(2), 558-578.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.31253>
- van der Vyver, P. J., Lewis, S. B., & Marais, J. T. (1997). The effect of bleaching agent on composite/enamel bonding. *The Journal of the Dental Association of South*

Africa = Die Tydskrif Van Die Tandheelkundige Vereniging Van Suid-Afrika,
52(10), 601-603.

Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin,

A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007).

Systematic review of the chemical composition of contemporary dental
adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-3785.

<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>

Vargas-Koudriavtsev, T., Ledezma-Alfaro, T., Wu-WuSh, W., Herrera-Sancho, O. A.,

Vargas-Koudriavtsev, T., Ledezma-Alfaro, T., Wu-WuSh, W., & Herrera-Sancho,

O. A. (2018). Efecto de blanqueamientos de oficina sobre el fosfato en el
esmalte dental. *Revista odontológica mexicana*, 22(1), 25-29.

Vescovi, P., & Nammour, S. (2010). Bisphosphonate-Related Osteonecrosis of the Jaw

(BRONJ) therapy. A critical review. *Minerva Stomatologica*, 59(4), 181-203,
204-213.

Vidhya, S., Srinivasulu, S., Sujatha, M., & Mahalaxmi, S. (2011). Effect of grape seed

extract on the bond strength of bleached enamel. *Operative Dentistry*, 36(4),
433-438. <https://doi.org/10.2341/10-228-L>

Viscio, D., Gaffar, A., Fakhry-Smith, S., & Xu, T. (2000). Present and future

technologies of tooth whitening. *Compendium of Continuing Education in
Dentistry. (Jamesburg, N.J.: 1995). Supplement*, 28, S36-43; quiz S49.

Walsh, L. J. (2000). Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry.

Australian Dental Journal, 45(4), 257-269; quiz 289.

<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2000.tb00261.x>

- Weitzman, S. A., & Stossel, T. P. (1982). Effects of oxygen radical scavengers and antioxidants on phagocyte-induced mutagenesis. *Journal of Immunology (Baltimore, Md.: 1950)*, 128(6), 2770-2772.
- Yanık, D., Er, K., & Kuştarci, A. (2023). Shear bond strength of resin-modified glass ionomer cement bound to mineral trioxide aggregate after various disinfection protocols. *Australian Endodontic Journal*, 49(1), 159-164.
<https://doi.org/10.1111/aej.12641>
- Zantner, C., Beheim-Schwarzbach, N., Neumann, K., & Kielbassa, A. M. (2007). Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 23(2), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.044>
- Zhou, Z., & Zheng, J. (2008). Tribology of dental materials: A review. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 41, 113001. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/41/11/113001>

IX. ANEXOS**ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
-----------------	------------------	------------------	--------------------------------	--------------------

<p>¿Existen diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Evaluar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a las 24 horas. 2. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 7 días. 3. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 14 días. 4. Determinar las diferencias de la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio a los 21 días. 	<p>Existe diferencias en la resistencia adhesiva del esmalte en dientes bovinos sometidos a clareamiento dental con ozono, peróxido de hidrógeno con calcio y peróxido de hidrógeno sin calcio.</p>	<p>Variable independiente: Sistema de blanqueamiento dental</p> <p>Variable dependiente: Resistencia adhesiva</p>	<p>Tipo: Experimental, prospectivo y longitudinal.</p> <p>Población: La población está compuesta por dientes bovinos.</p> <p>Muestra: De la fórmula obtenemos una muestra de 25 dientes bovinos por cada grupo</p> <p>Análisis de datos: Para el análisis descriptivo se utilizó medidas de tendencia central y medidas de dispersión. Para el análisis comparativo previamente se realizará pruebas de ANOVA y la prueba post hoc de Tukey para evaluar la diferencia entre los grupos.</p>
---	--	---	---	--